Том VI. Выпуск 3—4.

НАУЧНЫЕ ЗАПИСКИ ПО САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
проф. И. А. Кухаренко

РЕДАКТОРЫ ОТДЕЛОВ
проф. С. Ф. Веселовский, акад. К. Г. Воблый, проф. А. И. Душечкин, проф. И. Е. Душский, проф. В. М. Ландо, проф. И. Б. Минц, инж.-техн. М. И. Нахманович, уч. агр. Г. С. Неводовский, уч. агр. Б. А. Паншин, инж.-техн. А. С. Рейсер, инж.-техн. И. О. Смоленский, проф. Т. Т. Усенко, уч. агр. А. К. Филипповский, проф. М. С. Философов и проф. А. А. Шумилов

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР
Инж.-техн. Б. Г. Савинов

КИЕВ — 1928

ИЗДАНИЕ УКРАИНСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

[6 (072) (47.711 К.)

Том VI. Выпуск 3—4.

Содержание третьего—четвертого выпуска.

Стр.

Инж. Э. Р. Краевский, И. И. Чернобыльский и Г. Г. Габерман

Торфяные шахтноцепные топки сист. инж. Макарьева на сахарных заводах. 73

Проф. М. С. Философов

Проблема строения сахарозы и биологические процессы. . . 93

Инж.-техн. М. И. Нахманович и И. Ф. Зеликман

Опыт измерения скорости кристаллизации сахарозы из продуктов свеклосахарного производства. 109

М. Я. Дегтяр

Ускоренная кристаллизация рафинадного утфеля в филаузе . . 122

Инж.-техн. Д. В. Савкевич

О соломоловушках и камнеловушках. 130

Хроника 135

Торфяные шахтноцепные топки сист. инж. Макарьева на сахарных заводах.

Инж. Э. Р. Краевский, И. И. Чернобыльский и Г. Г. Габерман.

(Из Украинского Научно-Исследовательского Института Сахарной Промышленности.)

Топливный кризис, пережитый промышленностью несколько лет тому назад, заставил тогда обратиться к использованию местных топлив. Сахарные заводы Украины, расположенные в районе торфяников, явились теми пунктами, где в заводском масштабе были проведены опыты применения торфов из разных болот.

Эти попытки применения торфа, возникшие сначала по инициативе отдельных заводов (Андрушевка, Гор.-Пустоваровский заводы), были затем введены в организованное русло, на основе предварительного изучения вопроса специалистами, как в отношении качества применяемого торфа, так и в смысле приспособления топочных устройств для сжигания последнего. Стремление использовать торф в котельных сахарных заводов получило наибольшее свое выражение в момент появления шахтноцепных топок сист. Макарьева, которые как будто бы решили проблему рационального сжигания торфа. Задачей руководящих органов сахарной промышленности и было выяснить возможность и рациональность применения этой топки на сахарных заводах.

На нескольких заводах были установлены топки Макарьева, которые проработали с большим или меньшим эффектом 2-3 года; изменившаяся затем к лучшему топливная коньюнктура заставила в некоторых случаях отказаться от применения торфа, так как к выбору топлива стали подходить с точки зрения его конкурентноспособности, и в большинстве случаев рыночные цены на разные виды топлива оказались таковы, что сахарная промышленность почти полностью минерализовала свой бюджет.

В настоящее время представляется возможным подвести некоторые итоги применения торфа на сахарных заводах, осветить этот вопрос с технической и экономической стороны и дать характеристику работы топок Макарьева в условиях котельных сахарных заводов, так как, главным образом, на этих топках проводились опыты по сжиганию торфа. Поделиться имеющимся в нашем распоряжении материалом мы считаем небезинтересным и своевременным, потому что наступившая топливная „передышка“ в Донбассе является, по свидетельству авторитетных научных сил, лишь временной, и при первых предвестниках грядущего топливного кризиса вопрос о применении торфов в сахарной промышленности станет опять во всей своей широте.

Осветить сложный вопрос применения торфа на сахарных заводах, учесть ошибки и недочеты топочных устройств, выяснить качество торфа и условия его добычи — составляет задачу этой работы, выполненной по имеющимся эксплоатационным данным сахарных заводов лабораторией механического и теплового оборудования УНИСП.

Прежде чем перейти к оценке работы топочных и котельных аггрегатов на торфу по отдельным заводам, мы позволим себе лишь вкратце охарактеризовать особенности топки Макарьева.

Топка состоит из двух частей: передней шахты *A* и задней топочной камеры *B* (см. рис. 1). Обе части отделяются друг от друга сводиками *C*, под которыми расположено отверстие для прохода торфа. Дном шахты служит цепная решетка. В шахте происходит подсушка топлива, чему способствует поступающий между сводами *E* воздух; здесь же происходит частичное газирование топлива. Пары и газы проходят между сводами *C* в печную камеру. При движении решетки, торф, со дна шахты, уже подсушенный и отчасти загоревшийся, перемещается во 2-ю половину топки — топочную камеру. Стенки и большие своды этой камеры при своем накаливании создают высо-

кую температуру в топочном пространстве, что способствует: подсушке торфа в шахте через посредство сводиков *C*, быстрому газированию торфа у сводиков, устойчивому и равномерному процессу горения. В печной камере происходит также перемешивание газов с проникшим в шахту воздухом, что способствует полноте горения.

В топочной камере имеют место следующие стадии процесса горения: газирование, образование кокса, сжигание кокса, образование и удаление шлака. Для последней цели служат шлакосниматели *P*, через которые шлак сваливается на добавочную решетку *L*, где происходит выделение газов из шлаков и остывание последних. Добавочная решетка делается опрокидывающейся.

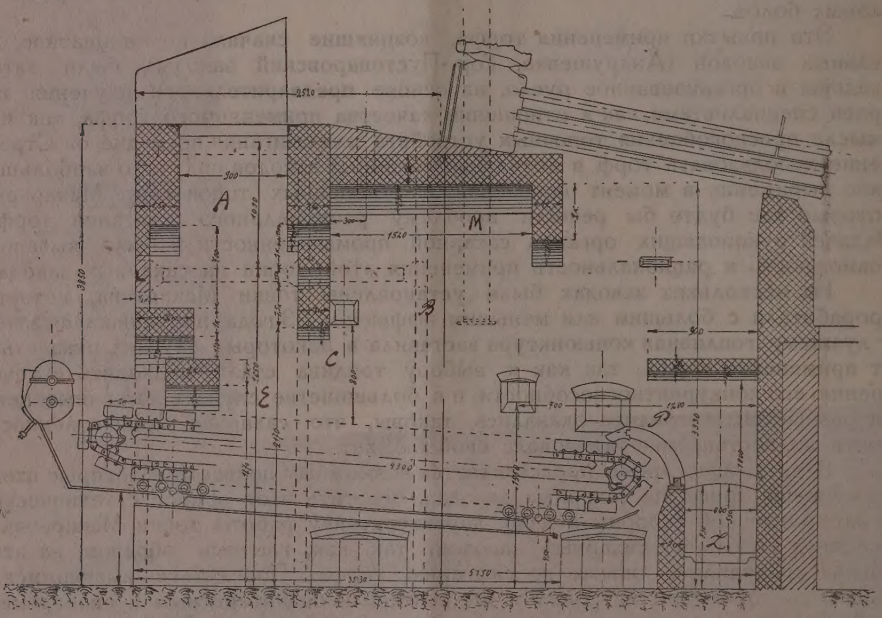


Рис. 1.

Таким образом, весь процесс горения происходит на цепной решетке. Для регулировки скорости движения решетки в зависимости от влажности торфа имеется коробка скоростей, позволяющая иметь 4 скорости движения торфа. В зависимости от влажности торфа находится и высота сводиков *C*, которые помещаются ниже при сыром торфе.

Перейдем теперь к рассмотрению результатов опытов по сжиганию торфа на отдельных заводах.

Попутно отметим, что в проведении отдельных испытаний и обработке их принимали деятельное участие инженер-технологи Н. Г. Плахов, С. Р. Бон и М. А. Либерман.

Андрушевский сахарный завод.

Вблизи завода находятся богатые торфяники; торфяные разработки расположены на расстоянии 3 верст от завода. Доставлялся торф в завод гужем и хранился частью под навесами, частью в штабелях.

Ввиду отсутствия точных данных об элементарном составе органической массы сжигаемого торфа, выбор элементарного состава был затруднителен, так как элементарных анализов украинских торфов, опубликованных в лите-

ратуре, найти не удалось; поэтому пришлось руководствоваться исключительно видом торфа, по которому возможно было, хотя приблизительно, установить место его в классификации по возрасту.

По излому торф представляет из себя массу коричневого цвета с некоторыми включениями неразложившихся частиц растений и кусков дерева, что давало возможность отнести этот торф по возрасту к разряду среднего.

Согласно классификации торфов по возрастам, элементарный состав органической массы торфа среднего возраста следующий: $C_0 = 59{,}0\%$; $H_0 = 5{,}7\%$; $O_0 + N_0 = 35{,}3\%$.

Указанный элементарный состав органической массы торфа принят во всех последующих рассчетах. Торф, употреблявшийся в производство 1923/24 г. отличался большой влажностью, каковая колебалась от 37 до 46% и доходила иногда до 60%. Торф за производство 1923/24 г. имел в среднем: влаги 43%; золы 12%.

Торф сжигался в топке сист. Макарьева, установленной под котлом сист. Менье в 200 кв. мт., работающем при рабочем давлении в 6,75 атм. Подвижная колосниковая решетка топки, с живым сечением около 45%, расположена ниже уровня пола паровичной на 2600 мм. Расстояние между осями колосниковой решетки — 4300 мм., ширина движущейся цепи — 1480 мм., общая поверхность колосниковой решетки — 6,36 кв. мт. Активная площадь колосниковой решетки (площадь колосниковой решетки от распределительного сводика до шлакоснимателя) — 3,85 кв. мт. Площадь зеркала горения — 3,95 кв. мт.; высота шахты—2500 мм.; верхнее ее сечение 1630 × 900 мм.; регулирующий сводик установлен на толщину слоя топлива, выходящего из шахты на активную часть колосниковой решетки в 650 мм.; высота топочного пространства — 2000 мм. Коробка скоростей расчитана на 4 скорости: $V_1 = 2{,}0$ мт/час.; $V_2 = 2{,}8$ мт/час.; $V_3 = 3{,}5$ мт/час.; $V_4 = 4{,}0$ мт/час.

Первые наблюдения над горением показали, что ввиду сравнительно небольшой зольности торфа и тугоплавкости образовываемых шлаков, последние получались на колосниковой решетке в малом количестве и особенных затруднений в работе не создавали. Все же каждые 30—40 минут приходилось производить пятиминутные шуровки через боковые дверцы. Также и на горизонтальных задних шлаковых колосниках собиралось незначительное количество шлаков, что за смену составляло всего несколько ручных носилок.

В передней фронтовой стенке шахты было проделано всего одно отверстие, над нижним сводиком, благодаря чему очаг горения поддерживался только на нижнем внутреннем выступе шахты; поэтому имело место недостаточно интенсивное просушивание торфа в шахте. Это подтверждается тем фактом, что отдельные куски торфа, выходящие из шахты на движущуюся решетку, были покрыты снаружи миллиметров на 5—10 слоем кокса, внутри же коксовой оболочки торф оставался почти прежней влажности. Работа обычно велась на II скорости, но при очень влажном торфе приходилось переходить на I скорость и даже останавливать решетку, чтобы дать возможность торфу просохнуть. Наблюдения показали, что для лучшей просушки торфа в шахте необходимо иметь второй очаг горения, для чего нужно использовать и верхнее отверстие над верхним внутренним выступом. В производство 1923/24 г. сделать это не представлялось возможным, по причинам местного характера.

Спустя несколько дней после пропуска топки, когда работа ее уже видимо наладилась, и кладка вполне просохла и прогрелась, были произведены предварительные испытания: три—при разных скоростях решетки, и одно при работе топки на весьма влажном торфе.

Результаты предварительных испытаний сведены в таблицу (см. стр. 76).

К приведенным результатам необходимо сделать следующие замечания:

Предварительное испытание 1. Топка начала работу на II скорости, но, по причине увеличившейся влажности сжигаемого торфа, пришлось перейти на

№№ анализов	Скорость решетки	Газы перед шибером					Разрежение у шибера мм. в. ст.	Разрежение в топке мм. в. ст.	β
		CO_2	CO_2+O	CO	α	T_0			
1	II	12,4	20,4	0	1,60			1	Опыт 1
2	II	12,8	20,4	0	1,55			1	
3	I	9,8	20,6	0	2,02			1	
4	III	13,8	20,0	0,36	1,40	300		2	
5	III	13,8	19,8	0,67	1,36		11,5		
6	III	13,0	20,0	0,43	1,47				
7	II	12,8	20,2	0,15	1,52				
8	II	11,6	19,8	0,35	1,58			2	
9	II	14,2	20,6	0,36	1,43			1,5	
10	II	13,6	20,0	0,38	1,41			1,5	
Среднее .		12,78	20,18	0,29	1,53	300	11,5	1,6	0,055
1	II	14,0	20,2	0	1,41				Опыт 2
2	II	15,0	20,0	0,265	1,31		9,5	1,5	0,055
3	II	13,6	20,2	0	1,45				
4	II	14,0	20,4	0	1,43				
5	III	13,0	19,8	0,735	1,43				
6	III	12,8	19,8	0,752	1,45				
Среднее .		13,65	20,11	0,25	1,43		9,5	1,4	0,055
1	I	11,0	20,2	0,30	1,74				Опыт 3
2	I	10,2	20,0	0,67	1,80				
3	I	12,0	20,4	0	1,65				
4	I	9,4	20,2	0,43	1,98				
5	I	9,8	20,4	0,09	1,98	310	12,0	1—1,5	0,055
6	I	13,0	20,2	0,13	1,50				
7	I	10,2	20,0	0,67	1,80				
8	I	11,0	20,0	0,60	1,69				
9	I	9,8	20,2	0,40	1,92				
10	I	9,4	20,2	0,43	1,98				
Среднее .		10,58	20,18	0,37	1,80	310	12,0	1—1,5	0,055
1	I	7,2	19,8	1,22	2,29				Опыт 4
2	I	8,4	19,4	1,72	1,91				
3	I	9,2	19,8	1,05	1,90				
4	I	9,0	20,0	0,77	2,0				
5	I	9,8	19,6	1,30	1,75	310	11,5	—	0,055
6	I	8,2	20,0	0,83	2,15				
7	I	10,0	19,6	1,29	1,72				
8	I	8,4	19,8	1,12	2,04				
9	I	7,0	19,6	1,54	2,25				
10	I	7,8	19,8	1,16	2,16				
Среднее .		8,5	19,74	1,20	2,02	310	11,5	—	0,055

I скорость. В момент анализа 3 при I скорости было обнаружено, что торф окончательно сгорает, не доходя на 0,5 метра до шлакоснимателей, и конец колосниковой решетки оказался почти обнаженным, что привело к повышению избытка воздуха до 2,02. Тогда, для покрытия торфом, обнаженной в

конце колосниковой решетки, применена была III скорость. Избыток воздуха уменьшился, вследствие этого в отходящих газах появилась окись углерода.

Предварительное испытание 2. Благодаря уменьшенной тяге (9,5 мм.) при переходе на III скорость появляется значительная химическая неполнота горения, характеризующаяся повышенным содержанием окиси углерода, доходящей до 0,75%, тогда как при той же тяге, но при II скорости, потеря эта отсутствует.

Предварительное испытание 3. При уменьшенной скорости колосниковой решетки среднее содержание CO_2 в отходящих газах заметно уменьшилось. Химическая неполнота горения осталась почти без изменения; зато заметно увеличился избыток воздуха до $\alpha = 1{,}8$.

Предварительное испытание 4. Работа производилась на очень влажном торфе, с содержанием влаги свыше 52%. Конечно, при торфе такой влажности приходилось работать на I скорости, и то с частыми остановками колосниковой решетки, дабы дать возможность торфу подсохнуть частично уже на самой колосниковой решетке. При повышении избытка воздуха до 2,02 значительно увеличилась одновременно и химическая неполнота горения, характеризующаяся средним содержанием CO=1,2%. Ненормальный ход процесса горения нужно целиком отнести за счет высокой влажности торфа, так как торф такого состава способствовал понижению температуры топочного пространства, результатом чего явилось большое содержание окиси углерода в отходящих газах; местные же прорывы слоя торфа обнажали колосниковую решетку, что привело к увеличению избытка воздуха в среднем до 2,02.

На основании этих предварительных испытаний, подтвердивших возможность получить удовлетворительные результаты при работе на торфу на топках сист. Макарьева, был установлен режим работы топки и котла.

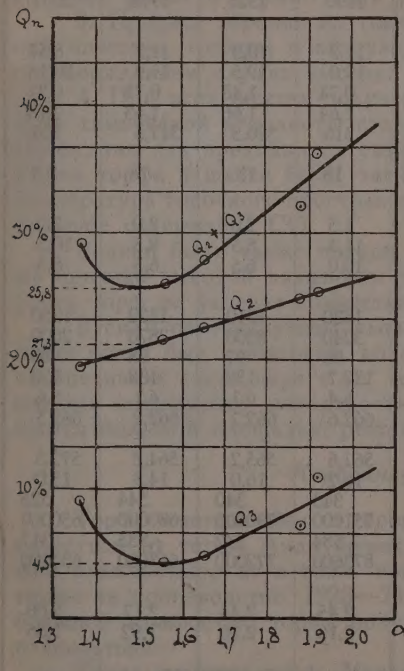


Диаграмма 1.

Далее, для выяснения наивыгоднейшего избытка воздуха для данного режима работы топки, были произведены опыты при пяти различных положениях шибера. Результаты опытов сведены в следующую таблицу (см. стр. 78).

На основании этих опытов построена диаграмма 1 потерь тепла с отходящими газами Q_2 и потерь тепла от химической неполноты горения Q_3 а также сумма этих потерь $Q_2 + Q_3$.

Диаграмма 1 дает наивыгоднейшее сочетание потерь тепла при избытке в воздухе $\alpha = 1{,}5$. Что касается абсолютных величин потерь, полученных при $\alpha = 1{,}5$, именно $Q_2 = 21{,}3\%$ и $Q_3 = 4{,}5\%$, можно сказать: 1. Потеря от химической неполноты может быть и должна быть уменьшена, для чего необходимо улучшить процесс сгорания торфа; 2. Принимая во внимание, что газы, уходящие из котла, отдают затем часть тепла для подогрева воды в экономайзере, то действительная потеря тепла с отходящими газами из котельных уменьшится.

Когда персонал паровичной достаточно ознакомился с работой топки, и режим ее работы был более или менее изучен, с целью получения полной характеристики работы испытываемого аггрегата на торфу, были проведены три полных испытания этого же котла Менье с шахтно-цепной топкой сист. Макарьева.

№№ п.п.	Тяга у шибера	CO_2	$CO_2 + O_2$	CO	α	Уходящих газов T	$t_в$	$T - t_в$	q_2	q_3	$q_2 + q_3$
1	5	12,4	19,0	2,0	1,36	330		312	19,7	9,24	28,94
2	7	11,9	19,83	0,78	1,55	330		312	21,6	4,1	25,70
3	8	10,9	19,77	0,955	1,65	327	18°	309	22,7	5,35	28,05
4	9,5	9,2	19,8	1,05	1,88	325		307	25,2	6,8	32,00
5	10,5	8,5	19,4	1,72	1,90	324		306	25,3	11,1	36,40

Результаты этих испытаний, а также средние данные за все производство о работе котла приведены в следующей таблице:

Таблица результатов испытаний на Андрушевском сахзаводе.

№№ п.п.		Средняя за пр-во	Испытание 1	Испытание 2	Испытание 3
	Дата испытания	—	22/XI	22/XI	25/XI—23
	Продолжительность испытания час	—	5	5	6,45
	Топливо.				
1	Состав рабоч. топлива: углерод %	26,6	28,0	24,5	24,5
2	„ „ „ водород %	2,6	2,7	2,4	2,5
3	„ „ кислород + азот %	15,8	16,8	14,6	14,2
4	„ „ „ влага %	43,0	40,1	46,5	46,8
5	„ „ „ зола %	12,0	12,4	12,0	12,0
6	„ „ „ $S^г$ %	0,055	0,055	0,055	0,055
7	Низшая рабочая теплотворная способность Кал. кгр.	2190	2325	1978	2007
	Характеристика работы котла.				
8	Содержание углекислоты у шибера CO_2 %	11,2	10,3	11,3	8,51
9	„ углекисл. + кисл. у шиб. $CO_2 + O_2$ %	19,9	19,5	19,9	20,15
10	„ окиси углер. у шибера CO %	0,74	1,48	0,71	0,37
11	Избыток воздуха „ „	1,64	1,66	1,63	2,18
12	Температура уходящих газов у шибера T	316	320,5	317,5	306
13	„ воздуха, поступающего под колосники	18	18	18	13
	Тяга.				
14	Разрежение в топке мм. водяного столба	1,5	2,0	2,0	2,0
15	„ у шибера „ „ „	11,5	8,5	8,5	10,3
16	Дифференц. тяга „ „ „	10,0	6,5	6,5	8,3
	Работа котла и колосниковой решетки.				
17	Часов. расход топлива кгр.	1320	1310	1322	1250
18	„ „ воды [1]) „	3240	3200	2870	2600
19	Темпер. питат. воды до эконом.	98	97	98	89
20	„ „ „ за „	137,7	138	138	130
21	Среднее давл. пара по маном. атм.	6,4	6,1	6,1	5,6
22	Полное теплосодержание пара Кал.	662,6	662,2	662,2	661,3
23	Теплосодержание пара за вычетом темп. пит. воды Кал.	564,6	565,2	564,2	572,3
24	Напряж. поверхн. нагрева кгр. кв. мт./час	16,2	16,0	14,3	13,0
25	„ колосников. реш. „ „ „	343	340	344	325
26	„ „ „ Кал. „ „	751000	790000	680000	650000
27	„ зеркала горения кгр./мт.. „	334	332	335	317
28	„ „ „ „ Кал. „	873600	772000	663000	634000
	Испарительность торфа.				
29	Испарит. торфа видимая кгр.	2,45	2,44	2,17	2,08
30	„ „ по норм. пару „	2,16	2,16	1,92	1,86
	Зола и шлаки.				
31	Зола и шлаки %	13,5	14,0	14,0	12,0
32	Горючего в золе и шлаках %	14,0	12,8	12,8	12,8

[1]) При испытании 3 получено по водомеру, а в остальных случаях обратным балансом.

Баланс тепла.

	Кал.	%	Кал.	%	Кал.	%	Кал.	%
33. Использовано тепла в котле	1286	58,7	1279	58,0	1138	57,5	1104	55,0
34. „ „ в экономайзере	97	4,4	100	4,3	87	4,4	83	4,1
35. Потеряно тепла с отход. газами	368	16,8	403	17,2	353	17,9	468	23,3
36. „ от химич. неполноты горения	90	4,1	188	8,1	77	3,9	54	2,7
37. Потеряно от механ. неполноты горения	153	7,0	146	6,3	144	7,3	126	6,3
38. Потеряно от лучеиспускания	196	9,0	209	9,0	179	9,0	172	8,6
39. Коэффициент полезного действия всей установки		62,1		59,3		61,9		59,1

На основании полученных данных как отдельных испытаний, так и эксплоатационного материала за все производство о сжигании торфа под котлом Менье с шахтноцепной топкой сист. Макарьева на Андрушевском заводе, можно сделать следующие выводы:

1. Андрушевский торф, сравнительно с другими украинскими торфами как по своей зольности (12%), так и в отношении плавкости шлаков, может быть признан удовлетворительным.

2. Высокую влажность торфа (40—46%) следует признать ненормальной, и это должно быть отнесено за счет дефектов добычи и хранения торфа, что, конечно, может и должно быть устранено.

3. Процесс горения на топке Макарьева при отсутствии резких колебаний качества топлива и нагрузки котла идет достаточно устойчиво, чему подтверждением служит высокий % CO_2 (~11%).

4. При всех опытах получены увеличенные потери с отходящими газами и от химической неполноты сгорания, на что повлияла большая влажность торфа, так как приходилось сжигать торф с большим избытком воздуха; подсушка торфа в шахте была также недостаточна (на что указывалось выше), температура топочного пространства была понижена, результатом чего явилось большое содержание CO.

Велики были также потери от механической неполноты сгорания, по той же причине высокой влажности торфа, так как даже при работе на I-ой скорости торф не успевал полностью сгорать.

В силу перечисленных выше обстоятельств коэффициент полезного действия котла был невысокий, колеблясь от 55,0 до 58,7%. Однако, топка эта обеспечивала съем пара с кв. мт. котла даже несколько выше обычного, а именно: напряжение поверхности нагрева было около 16 кв. мт., что объясняется большой площадью решетки.

Коровинецкий сахарный завод.

Торф, сжигавшийся в производство 1923—24 г., отличался по своим качествам от торфа Андрушевского завода; он обладал сравнительно меньшей влажностью, но в тоже время большей зольностью. Средний состав торфа за производство 1923—24 г.: влаги — 25%; золы — 25,5%. Наряду с большой зольностью торфа получавшиеся шлаки отличались большой легкоплавкостью.

Топка системы проф. Макарьева установлена под котлом системы Менье в 300 кв. мт., работающем при рабочем давлении в 6 атм. Подвижная колосниковая решетка расположена на уровне пола котельной, ниже которого имеется предзольниковое пространство высотою 2100 мм. Расстояние между

осями колосниковой решетки — 4300 мм., ширина движущейся цепи — 2100 мм.; площадь колосниковой решетки — 9,03 кв. мт. Активная площадь колосниковой решетки — 5,46 кв. мт. Площадь зеркала горения — 5,88 кв. мт.; высота шахты — 2700 мм.; верхнее ее сеченне — 2,07 кв. мт.; высота топочного пространства — 2000 мм. Регулирующий сводик был сделан при установке топки на толщину, выходящего из шахты топлива, в 800 мм.; затем сводик, во время производства, был переделан на слой в 600 мм. толщиной.

Легкоплавкость золы в соединении с большой высотой слоя торфа (нами указывалось, что при установке топки сводик давал толщину слоя — — 800 мм.) ставили решетку в невозможные условия работы. Решетка сильно заливалась расплавленными шлаками, какие в большом количестве накоплялись у шлакоснимателей. Чтобы не сорвать шлакоснимателей с места, приходилось беспрерывно прибегать к помощи резака, перекидывая шлаки вручную через шлакосниматели на горизонтальные колосники. При этом шуровочные дверки оставались все время открытыми, благодаря чему в топку входило много лишнего холодного воздуха. В целях уменьшения количества шлака, накопляющегося у шлакоснимателей, решили уменьшить высоту слоя торфа, для чего регулирующий сводик был доделан на 200 мм. Этим хотя и была уменьшена напряженность решетки, но в отношении шлакообразования, благодаря более тонкому слою, были достигнуты положительные результаты.

Работу топки за время производства можно разделить на 2 периода: первый, когда поступающий в топку торф имел зольность 13 — 14% при влажности 20%, и второй, когда зольность была 20 — 30% при влажности 25 — 28%.

Первый период.

В начале работы была выбрана I скорость (1,45 мт/час). Торф располагался на решетке более тонким слоем и шлак получался в меньшем количестве; он успевал охлаждаться на решетке, так что имелась возможность, хотя и с большим трудом, подрезать застывший шлак и перекидывать его через шлакосниматели на горизонтальные колосники. Однако, при работе на I скорости торф успевал сгорать, доходя всего до середины решетки. Поэтому режим топки был изменен и была применена II скорость (2,15 мм.) На этой скорости топка начала работать значительно лучше, давая более высокий видимый эффект горения. При данных условиях работы решетки легкоплавкость шлака причиняла еще большие неудобства, так как к двум постоянно открытым шуровкам присоединилась и третья. Шлаки не успевали остывать и, скатываясь на горизонтальные колосники, затвердевали здесь в монолитную массу, одновременно прилипая к стенкам шлаковой шахты и к колосникам. Чтобы предотвратить это прилипание, приходилось беспрерывно выгребать затвердевший шлак и держать потому дверцы все время открытыми.

Работу топки в этот период можно считать относительно удовлетворительной; удалось достигнуть того, что все периоды горения по длине решетки располагались более или менее правильно и видимый эффект горения был налицо.

Второй период.

Как только начал поступать торф с увеличенным содержанием баласта, работа топки заметно ухудшилась. Торф с влажностью в 25%, выходя из шахты, не хотел загораться, и только лишь около середины решетки появлялись некоторые признаки загорания его. Таким образом, роль шахты выполняла первая половина решетки. Конечно, при таких условиях торф на решетке не успевал полностью сгорать и через шлакосниматели переваливалось большое количество несгоревшего топлива. При переходе на I скорость процесс горения торфа несколько выравнивался и становился более правильным. Но

I скорость не обеспечивала достаточного напряжения поверхности нагрева котла; поэтому старались достигнуть положительных результатов, работая на II-й скорости. Для этого решено было улучшить подсушивание топлива в шахте путем разжигания костров из сухих щепок на переднем сводике. На образованном этим сводиком внутри шахты выступе торф задерживался и загорался, способствуя этим более энергичному подсушиванию топлива в шахте. Загорание торфа начиналось вслед за выходом его из шахты, а дальше процесс горения проходил уже нормально. Таким образом, разводя костры на нижнем своде, а также и на самой движущейся решетке, удалось исправить работу топки.

Чтобы выяснить наиг годнейший избыток воздуха для данного режима работы топки, были про дены наблюдения при различных положениях шибера и подсчитаны тепла с отходящими газами и потери тепла от химической неполноты ия, а также суммы этих потерь.

Результаты сведе аблицу.

Разрежение у шибера	CO_2	CO_2+O_2	CO	α	$q_2{}^0/_0$	$q_3{}^0/_0$	$(q_2+q_3)^0/_0$
12	6,30	20,30	0,53	2,88	23,1	4,6	27,7
15	5,45	19,88	1,24	2,94	23,6	10,9	34,5
18	5,03	19,70	1,55	2,97	23,9	13,9	37,8

На диаграммах 2 и 3 даны иллюстрации этих цифр.

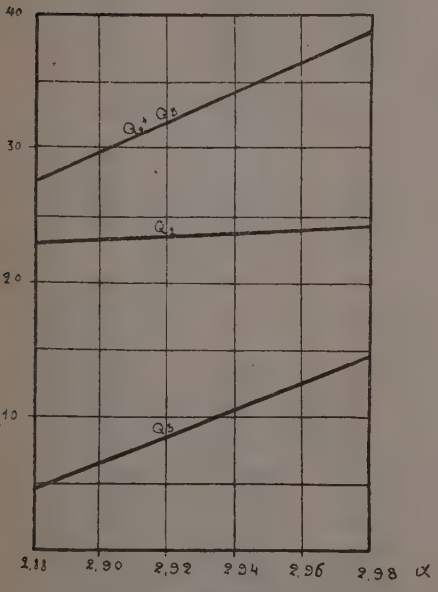


Диаграмма 2.

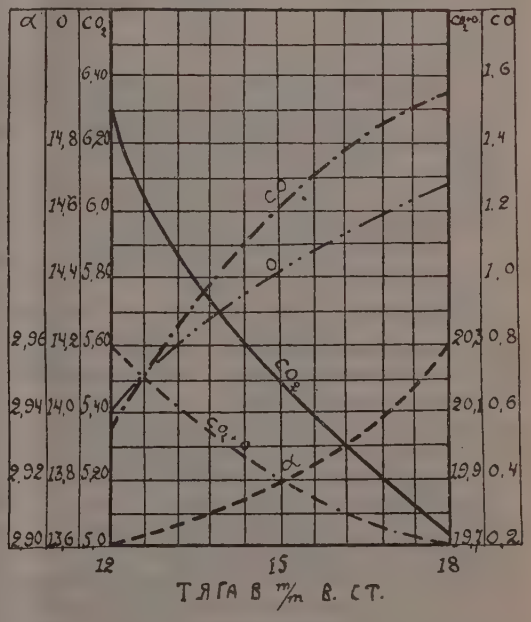


Диаграмма 3.

Никаких выводов относительно наивыгоднейшего избытка воздуха из диаграммы сделать нельзя, так как линия суммы потерь получилась прямой. Минимум кривой суммы потерь, очевидно, лежит в значительно меньших пределах избытка воздуха, при каких нам, в условиях многозольного и легко-

плавкого торфа, работать не удалось, когда три шуровочных отверстия были почти постоянно открыты для подрезки и перекидывания шлака через шлакосниматели, а также для удаления застывшего шлака с горизонтальных колосников.

Факт увеличения содержания окиси углерода в отходящих газах с увеличением избытка воздуха объясняется нами низкой температурой топочного пространства. Теоретически подсчитанная нами температура топочного пространства равна 728° и как будто достаточна для сгорания окиси углерода.

Окись углерода сгорает при 600°; однако, можно предполагать, что хотя средняя температура топочного пространства 728°, но врывавшийся через беспрерывно открытые шуровочные дверцы воздух производил местные охлаждения, понижая здесь температуру топки ниже 600°.

Наблюдения над процессом горения и над работой этого котла производились все производство. Кроме того, были поставлены 2 испытания. Результаты этих 2-х проведенных испытаний и средние данные за все производство даны в следующей таблице:

Таблица результатов испытаний.

	Средняя за производство	Испытание 1	Испытание 2
Продолжительность испытаний часов	—	4	3
Топливо.			
Состав рабоч. топлива: углерод %	28,6	28,6	28,1
водород %	2,8	2,75	2,7
кислород + азот %	17,1	17,1	16,76
влага %	25,0	20,98	28,54
зола %	26,5	30,57	23,9
S	0,055	0,055	0,055
Низшая рабочая теплотворная способность Кал. кгр.	2485	2500	2400
Характеристика работы котла.			
Содержание углекислоты у шибера CO_2 %	6,03	6,96	6,7
„ углекислорода + кислород у шибера CO_2+O_2 %	19,85	20,4	20,5
„ окиси углерода у шибера CO %	1,24	0,38	0,24
Избыток воздуха „ „	2,7	2,71	2,87
Температура уходящих газов у шибера	256	274	268
„ всздуха, поступающего под колосники	24	21	27
Тяга.			
Разрежение в топке мм. вод. ст.	1,0	1,0	1,0
„ у шибера „ „ „	15,6	14,0	13,0
Дифференциальная тяга „ „ „	14,6	13,0	12,0
Работа котла и колосниковой решетки.			
Часов. расход топлива кгр.	2080	2037	2137
„ „ воды (по обратному балансу) „	4950	5250	4866
Температура питат. воды до эконом.	95	98	90
„ „ „ за эконом.	130	131	119
Среднее давление пара по маномет. атм.	5,5	5,5	5,2
Полное теплосодержание пара Кал.	661,1	661,1	660,6
Теплосод. пара за вычетом питат. воды „	566,1	563,1	570,6
Напряжение поверх. нагрева кгр./кв. мт. час.	16,5	17,5	16,2
„ колосник. решетки „ „	381	373	391
„ „ „ Кал./кв. мт./час.	947000	932500	938400
„ зеркала горения кгр./кв. мт./час.	354	346	364
„ „ „ Кал./кв. мт./час.	880000	865000	873600
Испарительность торфа.			
Испарит. торфа видимая кгр.	2,38	2,58	2,28
„ „ по норм. пару „	2,11	2,28	2,04
Зола и шлаки.			
Зола и шлаки %	27,0	27,7	28,1
Горючего в золе и шлаке %	10,2	12,0	16,4

Баланс тепла.

	Кал.	%	Кал.	%	Кал.	%
Использовано тепла в котле . . .	1268	51,1	1369	54,8	1236	51,5
„ „ в экономайзере .	86	3,4	85	3,4	67	2,8
Потеряно тепла с отход. газами .	459	18,5	500	20,0	485	20,2
„ от химич. неполноты горения	249	10,0	76	3,0	47	2,0
„ от механич. „ „	224	9,0	270	10,8	373	15,5
„ от лучеиспускания . .	199	8,0	200	8,0	192	8,0
Коэффициент полезного действия всей установки	—	54,5	—	58,2	—	54,3

Таким образом, из данных отдельных наблюдений и испытаний мы видим, что работа топки протекала ненормально, с большими потерями, обусловленными неподходящим качеством торфа, почему и коэффициент полезного действия котла оказался низким.

Как вывод из имеющегося экспериментального материала по применению торфа на Коровинецком заводе, можно признать, что Коровинецкий торф, как многозольный, с легкоплавким шлаком, является неподходящим для сжигания в котельной установке сахарного завода на Макарьевской топке. В силу этих обстоятельств завод вынужден был в дальнейшем отказаться от применения торфа.

Носовский сахарный завод.

Котельная Носовского сахарного завода оборудована 3-мя котлами сист. Шухова общей поверхности нагрева в 771 кв. мт. и 5 котлами сист. Ферберна с общей поверхностью нагрева в 1000 кв. мт.

Топка системы проф. Макарьева установлена под котлом сист. Шухова в 257 кв. мт. поверхности нагрева, работающем при рабочем давлении в 8 атм. Подвижная колосниковая решетка топки расположена ниже уровня пола паровичной на 2000 мм. Расстояние между осями колосниковой решетки — 4300 мм.; ширина движущейся цепи — 1800 мм., общая площадь колосниковой решетки, таким образом, 7,31 кв. мт. Активная площадь колосниковой решетки 4,14 кв. мт. Регулирующий сводик установлен на толщину слоя в 800 мм. Высота топочного пространства 2000 мм. Коробка скоростей расчитана на 4 скорости: $V_1 = 1{,}8$; $V_2 = 2{,}55$; $V_3 = 3{,}7$; $V_4 = 4{,}5$ мт/час.

Торф Заворичской торфоразработки, сжигавшийся в производство 1923/24 г., отличался значительной влажностью. В среднем, за производство 1923/24 г. торф содержал: влаги—41%, золы—12%. В противоположность Коровинецкому торфу шлаки Заворичского торфа отличались тугоплавкостью, что значительно облегчало уход за топкой. Шлаков образовывалось немного и потому шуровочные отверстия часто не открывались. Приблизительно, каждые полчаса шуровщик подрезал у шлакоснимателей шлак, отчасти помогая им перекинуться на горизонтальные колосники. Операция эта продолжалась не более 5 минут и особого ущерба процессу горения не причиняла.

Затруднения в работе возникли в связи с значительной влажностью торфа. Отверстия в фронтовой стенке шахты сначала были заделаны, так как ожидали, что торф будет очень сухой. Но немедленно после пропуска решетки выяснилось, что шахта в таких условиях работать не может. Отверстие над низким уступом (образуемым низким вдающимся в шахту сводиком) было немедленно восстановлено, и шахта начала давать лучшие результаты. Однако, при работе на 1 скорости торф горел неважно; начало горения отодвигалось от шахты внутрь топки. Чтобы заставить торф загораться непосредственно после выхода из шахты, было решено пробить отверстие над верхним уступом во фронтовой стенке шахты. Это несколько помогло делу, особенно, когда на обоих уступах начали поддерживать очажки горения.

Топка втечение всей своей работы находилась при двух режимах. Первую половину производства, приблизительно, топка работала с тягой у шибера, в среднем, 19,1 мм., а затем режим переменили и держали тягу в среднем 13,6 мм.

Данные за производство приведены в следующей таблице:

Таблица результатов испытаний.

	Средняя за 1-ую полов. производства	Средняя за 2-ую половину производства
Топливо.		
Состав рабочего топлива: углерод . . . . %	27,8	27,8
водород . . . %	2,7	2,7
кислород + азот . %	16,5	16,5
влага . . . . %	41,0	41,0
зола . . . . . %	12,0	12,0
. . . . .	0,055	0,055
Низшая рабочая теплотворная способность . . . . . Кал./кгр.	2310	2310
Характеристика работы котла.		
Содержание углекислоты у шибера CO_2 . . . %	10,0	13,1
„ „ + кислород $CO_2 + O_2$ %	19,8	19,85
„ окиси углерода у шибера CO% . .	0,985	0,65
Избыток воздуха у шибера	1,79	1,43
Температура уходящих газов	310	319
„ воздуха, поступающ. под колосники	15	15
Тяга.		
Разрежение в топке . . . . . мм. вод. ст.	—	—
„ у шибера . . . . . „ „ „	19,1	13,6
Дифференциальная тяга . . . . „ „ „	—	—
Работа котла и колосниковой решетки.		
Часовой расход топлива . . . . . кгр.	1780	1670
„ „ воды . . . . . „	4165.2	4275,2
Температура питательной воды	98,3	92
Среднее давление пара по манометру . . атм.	7,7	7,7
Полное теплосодержание пара . . . . Кал.	664,5	664,5
Теплосодержание пара за вычетом питат. воды „	566,2	572,5
Напряжение поверх. нагрева . . кгр./мт./мм.	16,2	16,7
„ колосниковой решетки . „ „ „	380	357
„ „ „ Кал. „ час.	877000	825000
„ зеркала горения . . „ „ „	—	—
Испарительность торфа.		
Испарительность торфа видимая . . . . кгр.	2,34	2,56
„ „ по норм. пару . . . „	2,09	2,30
Зола и шлаки.		
Зола и шлаки . . . . . %	13,0	13,0
Горючего в золе и шлаках . . . . . %	12,7	12,7

	Кал.	%	Кал.	%
Баланс тепла.				
Использовано тепла в котле	1328	57,5	1467	63,6
Потеряно тепла с отходящ. газами	552	22,6	447	19,3
„ „ от химич. неполн. горения .	137	5,9	72	3,1
„ „ „ механич. „ „ . .	138	6,0	139	6,0
„ „ „ лучеиспускания	185	8,0	185	8,0

К сожалению, во время производства не делалось систематических опытов при различных положениях шибера; поэтому осталось невыясненным, какой избыток воздуха является наивыгоднейшим в смысле наименьшего количества потерь тепла. Как уже отмечено, первую половину производства топка рабо-

тала с разрежением у шибера, в среднем, 19,1 мм., а затем режим изменил и установили разрежение, в среднем, 13,6 мм. Из тепловых балансов мы видим, что при пониженной тяге лучше использовалась теплота топлива, но нельзя сказать с уверенностью, что достигнутая, $q_2 + q_3 = 22{,}4\%$, есть минимум.

Кроме данных за производство, в нашем распоряжении имеются результаты специального испытания топки сист. Макарьева на Носовском заводе. Результаты приведены в следующей таблице.

Носовско-Козарский завод.

Испытание 1 котла сист. Шухова с шахтноцепной топкой сист. Макарьева для торфа.

Таблица результатов испытания.

1.	Дата испытания	18/XII-25 г.
2.	Продолжительность испытания	5 ч. 50 м.
	Опытный агрегат.	
3.	Система котла	Шухов
4.	Поверхность нагрева котла	кв. мт. 257
5.	Система топки	Шахтно-цепная сист. Макарьева
6.	Площадь решетки	кв. мт. 7,31
7.	Активная площадь решетки	кв. мт. 4,14
8.	Площадь живого сечения	% 40
9.	Отнош. активн. площ. решетки к поверх. нагр. к.	1/62
10.	Средняя скорость движения решетки	2-я 3-я скор.
11.	Высота слоя топлива	мм. 800
	Топливо.	
12.	Род топлива	Торф Заворичский
	Технический анализ.	
13.	Влаги	% 22,29
14.	Золы	% 13,25
15.	Теплотворная способность по бомбе (при — 22,29)	2943
	Элементарный состав органической массы.	
16.	Углерода	% 49,5
17.	Водорода	% 6,5
18.	Кислорода + азота	% 44,0
	Состав рабочего топлива.	
19.	Углерода	% 31,95
20.	Водорода	% 4,18
21.	Кислорода + азота	% 28,33
22.	Влаги	% 22,29
23.	Золы	% 13,25
24.	Теплотворн. способность калориметр. при данной влажности	2943
25.	Теплотворн. способн. низш. рабоч.-калор.	2583
26.	Расход торфа за испытание	кгр. 9427
27.	Средн. часовой расход торфа	кгр. 1615
28.	Средн. напряж. на 1 кв. мт. активн. части решетки	390
29.	Тепловыделение на 1 кв. мт./2 зер. горения в мил. кал.	1,015
	Вода.	
30.	Средн. температура питат. воды	94,8
31.	Расход воды за опыт кгр.	Не опред. за отсут. водомера
32.	Ср. часов. расход воды кгр.	
	Пар.	
33.	Давление по манометру атм.	7,5
34.	Температура перегретого пара	225
35.	Теплосодержание насыщ. пара за вычет. воды	566,9
36.	Теплосодержание перегретого пара Кал.	596,0
	Парообразование.	
37.	Средн. расход пара из котла в 1 час. кгр. 4480	Определено на основании обратного баланса
38.	Средн. напряж. поверхн. нагр. котла кв. мт./ч. кгр. 17,45	
39.	Тоже в переводе на норм. пар (639 Кал.) 16.25	
40.	Теплонапряжение пов. нагр. котла кв. мт./ч. Кал. 10400	
	Испарительность торфа.	
41.	Испарительность торфа наблюд.	2,78
	„ по нормальному пару	2,59
	Газы.	
42.	Температура газов перед шибером	289
43.	Содержание CO_2	в % 10,37
44.	Содержание $CO_2 + O$	в % 20,17
45.	Величина β	0,06
46.	Содержание CO %	0,32
	Воздух.	
47.	Температура при входе в топку	22
48.	Избыток воздуха у шибера	1,85
	Тяга.	
49.	Разрежение в топке мм. вод. столб.	2,3
50.	„ у шибера „ „	21,1
51.	Дифференциальн. тяга	мм. 18,8
	Выгреб.	
52.	Количество шлака	кгр. 1056
53.	„ „ в % п. в. топливн.	11,18
54.	Содержание горючего в %	1,06
55.	Количество золы	кгр. 669
56.	„ „ в % по весу топлива	7,1
57.	Содержание горючего в %	8,24

(Унос не определялся.)

		Кал.	%
	Тепловой баланс котла.		
58.	Использовано тепла в котле	—	—
59.	„ „ и в перегревателе	1650	63,80
60.	Потеряно в отход. газах	540	20,90
61.	„ от химич. неполноты	53	2,05
	„ „ механич. неполноты	57	2,25
	„ „ в окружающ. среду	283	11,0
		2583	100,0

Обращаясь к оценке результатов сжигания торфа на Носовском сахарном заводе, мы констатируем следующее:

1. Заворичский торф можно признать годным для сжигания в котельных установках на топках сист. Макарьева.

2. Хотя технические результаты применения торфа на Носовском заводе нельзя признать вполне удовлетворительными, чему причиной служит целый ряд дефектов установки и эксплоатации, тем не менее данные отдельных испытаний говорят за то, что торф этот с достаточным эффектом может быть применен в котельной.

К сказанному мы должны присовокупить, что условия работы топок на этом заводе были по целому ряду причин производственного характера неблагоприятными. Подробно мы остановимся на этом ниже. В нашем распоряжении имеются также эксплоатационные материалы за производство 1926/27 г. (Калининского завода бывш. Теткинского), любезно предоставленные нам директором завода инж.-технол. М. С. Белецким. Эти данные представляют особенный интерес, поскольку вся паровичная работает на торфе и оборудование ее можно считать вполне приспособленным для сжигания торфа.

Калининский (б. Теткинский) сахарный завод.

Котельная Калининского сахарного завода оборудована котлами сист. Штайнмюллера. На торфе работали все котлы. Котлы высокого давления снабжены цепными топками Макарьева; низкого же давления ступенчатыми топками. В производство сокодобывания 1926-27 г. торф в котельную поступал со следующей характеристикой: влаги W_p 37,78%, золы A^c 7,89%, летучих веществ 74%. Рабочая калорийность $Q_n^p = 2349$ Кал.

Приводим эксплоатационные данные котельной за то же производство.

	Котлы выс. давл.	Котлы низ. давл.	По всей котельной
Анализ газов CO_2	10,71	9,63	—
$CO_2 + O$	19,98	20,07	—
CO	0,63	0,57	—
	1,72	1,91	—
	313	238	—
Разрежение в топке в мм.	4,85	—	—
„ у шибера „	18,7	—	—
Напряжение колосниковых решеток по условн. топливу кгр. кв. мт.	143,2	61,2	—
Напряжение поверхн. нагрева видимое	22,45	12,6	—
Испарительность видимая условн. топлива	8,57	9,19	—
Баланс котельной.			
Расход: использовано в котлах	63,69	67,98	64,56
„ „ пароперегревателе	—	—	—
„ „ экономайзере	6,32	—	5,22
Потери: в отходящих газах	15,92	17,92	16,6
от химич. неполноты горения	3,86	3,89	3,87
от механич. „ „	3,28	3,28	3,28
от лучеиспускания	6,93	6,93	6,93
Коэфф. полезного действия установки	0,7001	0,6798	0,6978

Из приведенных данных следует:

1. Торф, применяющийся на Калининском заводе, по своему качеству подходит к средним украинским торфам.

2. Коэффициент полезного действия котлов с топками Макарьева ниже, чем котлов, оборудованных ступенчатыми топками, но зато съем пара с поверхности нагрева котлов в первом случае почти вдвое больше, чем во втором.

3. Ступенчатые топки не обеспечивают нормального напряжения поверхности нагрева котлов.

4. В общем, результаты применения торфа на Калининском заводе с технической стороны можно признать удовлетворительными.

Экономическая сторона эксплоатации освещена в общей сравнительной таблице в конце.

Ступенчатая решетка для торфа на Яготинском заводе.

Считаем целесообразным привести также тепловой баланс котла сист. Ферберна 180 кв. мт., снабженного обыкновенной ступенчатой топкой для торфа, для сравнения с работой шахтноцепных топок сист. проф. Макарьева. Для сведения баланса взяты данные из ежедневных журналов паровичной за 1923/24 г.

Топливо.

Торф Барышевской торфоразработки.

Состав рабочего топлива:	углерод . . . . . %	27,8
	водород . . . . . %	2,7
	кислород + азот . . . . %	16,5
	влага . . . . . %	41,0
	зола . . . . . %	12,0
	β	0,055
Низшая рабочая теплотворная способность		Кал./кгр. 2310

Характеристика работы котла.

Содержание углекислоты у шибера . . . . . CO_2%	9,3
„ углекислоты + кислород у шибера $CO_2 + O_2$%	20,1
„ окиси углерода „ „ . . . CO %	0,6
Избыток воздуха	1,99
Температура уходящих газов у шибера	231
„ воздуха, поступающего под колосники .	15,4

Работа котла и колосниковой решетки.

Часовой расход топлива . . . . . кгр.	780
„ „ воды . . . . . „	1950
Температура питательной воды	90,4
Среднее давление пара по манометру . . . . . атм.	3,6
Полное теплосодержание пара . . . . . Кал.	657
Теплосодержание пара за вычетом темпер. питат. воды „	566,6
Напряжение поверхности нагрева . . . . кгр./кв.мт./час.	10,8

Испарительность торфа.

Испарительность торфа видимая . . . . . кгр.	2,50
„ „ по нормальному пару . . . „	2,22

Баланс тепла.

	Кал.	%
Использовано тепла в котле	1418	61,4
Потеряно тепла с отходящими газами	427	18,5
„ „ от химич. неполноты горения	96	4,1
„ „ от механич. „ „ . . .	138	6.0
„ „ от лучеиспускания	231	10,0

Из этих данных, а также из материала Калининского завода, вытекает, что ступенчатые топки требуют большего избытка воздуха.

Хотя коэффициент полезного действия при работе на ступенчатых топках не ниже, а в некоторых случаях даже выше, чем при работе на Макарьевских топках за счет меньшей температуры отходящих газов, но зато топки эти не обеспечивают нормального съема пара с котла, создавая этим затруднения в ходе производства при ограниченной поверхности нагрева котлов для данного завода.

Приведенным материалом исчерпываются технические данные о применении торфа на сахарных заводах, позволяющие нам сделать некоторые выводы общего характера.

Однако, прежде чем перейти к их изложению, мы считаем целесообразным предпослать им освещение экономической стороны эксплоатации.

Сравнительная стоимость тонны пара.

Для того, чтобы можно было ближе подойти к вопросу о рентабельности сжигания торфа в условиях работы сахарных заводов, выведем абсолютную стоимость тонны пара при различных топливах.

Для этого воспользуемся действительно достигнутыми испарительностями по нормальному пару торфа за производство 1923/24 г., испарительностями остальных топлив, полученных в последнюю кампанию, и ценами на топливо, существующими в настоящее время (по данным Топливного отдела КОС'а).

При расчетах мы оперируем с некоторым паровым котлом с поверхностью нагрева в 252 кв. мт. (средняя из 3-х испытанных нами котлов) и с паропроизводительностью по нормальному пару в 14 кгр. с кв. мт. (средняя из данных испытаний этих котлов). Продолжительность работы котлов взята 70 суток в году. В котельной находится 10 таких котлов, из которых всегда в работе 9 котлов.

Стоимость пара складывается ил следующих статей:

1. Аммортизация, % на затраченный капитал и ремонт котельного здания, дымовой трубы и котла с арматурой, гарнитурой и обмуровкой.
2. Аммортизация, % на затраченный капитал и ремонт топки с обмуровкой.
3. Обслуживающий персонал.
4. Стоимость топлива франко-склад завода.
5. Подвозка топлива со склада в котельную.

Аммортизация, проценты на затраченный капитал и ремонт котельного здания, дымовой трубы и котла с арматурой, гарнитурой и обмуровкой.

Котельное здание.

Площадь при 10 котлах . . . . . 455 кв. мт.
Цена кв. мт. площади . . . . . 25 руб.
Стоимость здания котельной 25×455 . . . . . 11375 „
Аммортизация (2%), процент на капитал (12%), ремонт (5%) 19%
Стоимость котельного здания на тонну пара

$$\frac{11375 \times 19}{100 \times 9 \times 252 \times 70 \times 24 \times 0{,}014} = \ldots \ldots \ldots \text{ 4,1 коп.}$$

Труба.

Цена на 10 котлов (Н = 65 мт., Д = 2 мт.) . . . . . 8130 руб.
Аммортизация (2%), процент на затрач. к. (12%), рем. (5%) 19%
Стоимость трубы на тонну пара

$$\frac{8130 \times 19}{100 \times 9 \times 252 \times 70 \times 24 \times 0{,}014} = \ldots \ldots \ldots \text{ 2,9 коп.}$$

Коммуникация и насосная установка.

Стоимость коммуникации и насосной установки на 10 котлов 18000 руб.
Аммортизация (5%), процент на капитал (12%), ремонт (5%) 22%

Стоимость коммуникации и насосной установки на тонну пара

$$\frac{18000 \times 22}{100 \times 9 \times 252 \times 70 \times 24 \times 0{,}014} = \ldots\ldots\ldots 7{,}5 \text{ коп.}$$

Паровой котел с арматурой и обмуровкой.

Стоимость котла на 250 кв. мт. с армат. и обмуровкой . 12500 руб.
Аммортизация (5%), процент на капитал (12%), ремонт (5%) 22%
Стоимость котла на тонну пара

$$\frac{12500 \times 22 \times 10}{100 \times 9 \times 252 \times 70 \times 24 \times 0{,}014} = \ldots\ldots\ldots 51{,}5 \text{ коп.}$$

ИТОГО . . . . . 66,0 коп.

Аммортизация, процент на затраченный капитал и ремонт топки с обмуровкой.

Аммортизация 10%
Процент на затраченный капитал 12%
Ремонт топки 10%

ИТОГО 23%

	Стоимость топки	32%	На тонну нормальн. пара
Шахтноцепная сист. проф. Макарьева	7000 руб.	2240 руб.	42,0 к.
Обыкновенная ступенчатая решетка для торфа .	2135 „	683 „	12,8 „
Горизонтальная решетка для антрацита	1000 „	320 „	6,0 „
„ „ „ камен. угля . . .	900 „	288 „	5,3 „
„ „ „ дров	900 „	288 „	5,3 „

Эксплоатационные расходы по сжиганию.

СТАТЬИ РАСХОДА	Торфы: Макарьев. топка Число	Руб.	К.	Торфы: Ступенчатая топка Число	Руб.	К.	ПЖ и ПС Число	Руб.	К.
Паровичники	3	5	25	3	5	25	3	5	25
Кочегары	54	70	20	36	46	80	36	46	80
Питательные насосы	3	3	90	3	3	90	3	3	90
Чистка труб	6	6	06	6	6	06	6	6	06
Водогляды	3	3	90	3	3	90	3	3	90
Весовщики	3	3	72	3	3	72	3	3	72
Золоносы	12	12	12	12	12	12	4	4	04
Теплотехники	3	6	60	3	6	60	3	6	60
ИТОГО . . .		111	75		88	35		80	27
Соцстрах, культфонд, спецодежда 25% .		28	00		22	00		20	00
ИТОГО		139	75		110	35		100	27
Суточный расход топлива тонн . . .		349	—		843	—		98	—
Стоимость рабочей силы на тонну топлива		40	00		32	2		102	3

СТАТЬИ РАСХОДА	АШ			АШ и ПЖ			Дрова		
	Число	Руб.	К.	Число	Руб.	К.	Число	Руб.	К.
Паровичники	3	5	25	3	5	25	3	5	25
Кочегары	36	46	8	36	46	80	36	46	80
Питательные насосы	3	3	90	3	3	90	3	3	90
Чистка труб	6	6	07	6	6	06	6	6	06
Водогляды	3	3	90	3	3	90	3	3	90
Весовщики	3	3	72	3	3	72	3	3	72
Золоносы	8	8	08	8	8	08	2	8	08
Теплотехники	3	6	60	3	6	60	3	6	60
ИТОГО	—	84	31	—	84	31	—	78	52
Соцстрах, культфонд, спецодежда 25%		21	08		21	08		19	60
ИТОГО		105	39		105	39		97	85
Суточный расход топлива тонн		167	—		133	—		231	—
Стоимость рабочей силы на тонну топлива		63	2		79	4		42	3

На основании приведенного цифрового материала составлена таблица стоимости тонны нормального пара при работе на разных топливах (см. таблицу стр. 91).

Окончательные цифры следующие:

Стоимость тонны нормального пара.						
Торф		Кам. уголь ПЖ и ПС	Антрацит АШ	АШ — 75% ПЖ — 25%	Дрова	Торф (Калининский завод) 1926/27 г.
Топка Макарьева	Ступенчатая					
4 р. 34 к.	3 р. 88 к.	3 р. 44 к.	3 р. 23 к.	3 р. 12 к.	5 р. 51 к.	3 р. 58 к.

Сравнивая абсолютную стоимость тонны пара при действительно достигнутых нормальных испарительностях топлив, видим, что кроме дровяных топок, самым дорогим паром является пар, получаемый при Макарьевских шахтноцепных топках при средней испарительности по нормальному пару 2,13, полученной за время производства 1923/24 г.

Вышеприведенная стоимость тонны нормального пара 4 р. 34 коп. вычислена при условии, что при установке Макарьевских топок не понадобятся крупные изменения самой паровичной и здания паровичной. Если же для установки Макарьевских топок понадобятся дополнительные капитальные работы, то стоимость тонны пара еще больше возрастет.

Чтобы стоимость тонны пара при Макарьевских топках сравнялась со стоимостью пара, получаемого при работе на смеси антрацита АШ (75%) с каменным углем ПЖ (25%), необходимо достигнуть средней испарительности по нормальному пару 3,40, какая определяется из уравнения:

$$\frac{6{,}24 + 0{,}30 + 0{,}40}{x} + 0{,}42 + 0{,}66 = 3{,}12, \text{ откуда } x = 3{,}40$$

При торфах с низкой теплотворной способностью, имеющихся в распоряжении сахарных заводов, нет возможности достичь испарительности по нормальному пару 3,4. Таким образом, чтобы торф мог конкурировать с минеральным топливом, остается один путь — это понижение стоимости торфа.

Более высокая испарительность 2,57 достигнута в последнюю кампанию на Теткинском сахарном заводе. Чтобы тонна нормального пара при этой

Исчисление сравнительной стоимости тонны нормального пара.

МАРКА ТОПЛИВА	ТОРФЫ				Кам. уголь ПЖ и ПС		Антрацит АШ		Антрацит и кам. уголь АШ(75%) + + ПЖ (25%)		Дрова		Торф за 26/27 г.[1]	
	Топка сист. Макарьева		Ступенчатая											
	Руб.	К.	Руб.	К.	Руб.	К.	Руб.	К.	Руб.	К.	Руб.	К.	Руб.	К.
Стоимость тонны топлива франко—ст. отправления	—	—	—	—	11	90	2	44	4	88	12	20	—	—
Стоимость доставки на склад завода:														
Железнодорожный тариф	—	—	—	—	7	80	7	80	7	80	2	75	—	—
Подача в завод на склад топлива	—	—	—	—	—	04	—	4	—	4	—	4	—	—
Выгрузка и укладка	—	—	—	—	—	27	—	27	—	27	—	19	—	—
Стоимость тонны топлива франко-штабель завода	6	24	6	24	20	01	10	55	12	99	15	18	6	24
Доставка топлива со склада в котельную	—	30	—	30	—	30	—	30	—	30	—	23	—	30
Эксплоатационные расходы по сжиганию	—	40	—	32	—	102	—	63	—	79	—	42	—	46
Стоимость тонны топлива франко-топка	6	94	6	86	21	33	11	48	14	08	15	83	7	—
Стоимость топлива на тонну нормального пара	3	26	3	09	2	73	2	51	2	40	4	80	2	54
Абсолютная стоимость тонны нормального пара	4	34	3	88	3	44	3	23	3	12	5	51	3	58
Эксплоатационные расходы по сжиганию на тонну нормального пара	—	1,88	—	14,5	—	13,2	—	13,9	—	13,5	—	12,8	—	18
Теплотворная способность топлива	2230		2310		7100		5600		6000		3100		2349	
Коэффициент полезного действия паровичной	60,4%		61,4%		70%		52%		63%		68%		69,8%	
Испарительность топлива по нормальному пару	21,3		2,22		7,78		4,56		5,86		3,30		2,75	
Аммортизация, % на затрачен. капитал и ремонт котельной и котлов на тонну нормального пара коп.	66,0		66,0		66,00		66 к.		66 к.		66 к.		66 к.	
Аммортизация, % на затраченный капитал и ремонт топки на тонну нормального пара коп.	42,0		12,8		5,3		6 „		6 „		5,3 „		37,8 „	

[1]) Исчисление сравнительной стоимости тонны нормального пара в кампанию 1926/27 г. на Теткинском (им. Калинина) сахзаводе, работавшем исключительно на торфу; торф сжигался на 6 топках сист. Макарьева и пяти ступенчатых решетках.

испарительности стоила 3 р. 12 коп., тонна торфа франко-штабель завода должна обойтись в 4 р. 55 коп., какая определяется из уравнения:

$$\frac{X+0{,}3+0{,}4}{2{,}57}+0{,}42+0{,}66=3{,}12;\ X=4 \text{ р. } 55 \text{ коп.}$$

На основании приведенных результатов (технических и экономических) применения торфа в котельных наших сахарных заводов перейдем теперь к общим выводам.

1. Прежде всего мы должны еще раз подчеркнуть, что украинский торф по сравнению с русским значительно худшего качества. Высокое содержание золы с элементами, образующими легкоплавкие шлаки, тормозили в некоторых случаях нормальную работу топок и мешали урегулированию процесса горения в последних, так как приходилось часто открывать топочные дверцы для подрезывания шлака.

2. Применявшийся торф имел также большую часто колеблющуюся влажность, каковая, как видно из предыдущего, неблагоприятно влияла на эффект сжигания торфа. Высокую влажность торфа следует отнести за счет дефектов добычи и хранения торфа, что должно быть в будущем устранено.

3. Обращаясь к оценке работы топок сист. Макарьева в условиях сахарных заводов, констатируем следующее: Опыт показал, что на этих топках украинский торф среднего качества может быть сжигаем достаточно успешно, однако, на сахарных заводах топки эти в общем поставлены были в неблагоприятные условия, так как котельные наши не приспособлены для установки таких топок. Большим неудобством при обслуживании является выгреб золы из зольникового пространства под топкой и удаление шлаков с горизонтальных задних колосников вручную, так как низкое расположение котлов не позволяет механизировать удаление золы и шлаков.

Ощущается также недостаток в свободном месте для работы при подрезке шлаков через шуровочные отверстия, что создает тяжелые условия для работы персонала при обслуживании, удлиняет эту операцию, увеличивая тем самым потери с отходящими газами. Уместно будет также отметить, что при установке топок Макарьева качество торфа не было достаточно изучено, почему основные размеры топок были выбраны по приблизительным данным. Это проявило себя и во время эксплоатации — в некоторых случаях топки давали слишком много пара.

Далее, как выяснилось на ряде заводов, топки эти, как топки с большим запасом топлива, оказались недостаточно гибкими, чтобы воспринять колебания в расходе пара на сахарных заводах, особенно при перебоях и задержках в работе завода, когда заводские станции не в состоянии забрать весь получаемый пар. В такие моменты приходилось искусственно задерживать интенсивность сжигания, но в виду большого запаса топлива, все же нередко приходилось выпускать пар в атмосферу, так как давление в котле повышалось выше разрешенного и, наоборот, после такой искусственной задержки, когда завод начинал потреблять пар, нельзя было сейчас же дать требуемого количества пара, так как необходим известный промежуток времени, чтобы топки начали работать нормально.

Хотя в нашем распоряжении имеется богатый материал о работе топок Макарьева, но учитывая кратковременность работы в производственный период, ряд неблагоприятных объективных условий, не позволивших с исчерпывающей полнотой изучить режим этих топок, ряд неизбежных дефектов установки, мы все же считаем этот материал недостаточным для того, чтобы вынести окончательное суждение о пригодности шахтноцепных топок для сжигания украинского торфа в котельных сахарных заводов.

Нам думается, что для успешной работы топок Макарьева необходимо соблюдение следующих условий:

1. Точное выявление качества торфа (зольность, влажность, плавкость шлака), с каковой целью болото должно быть предварительно изучено.

2. Рациональная постановка добычи торфа и его хранения, чтобы иметь, по возможности, постоянную его влажность и минимальный % мелочи.

3. На основании изучения качества торфа, необходимо подобрать соответствующую по площади топку с установленной толщиной слоя топлива.

4. Подачу топлива и удаление шлаков должно механизировать, для чего, прежде чем устанавливать топку, надо разработать детальный проект установки, иначе при эксплоатации получается очень много неудобств, связанных с ухудшением коэффициента полезного действия и затратой лишних рабочих рук.

5. Ввиду большой зольности и влажности торфа необходимо ввести горячее вентиляторное дутье, значительно улучшающее процесс горения и производительность котла.

Соответственным регулированием горячего вентиляторного дутья, скорости решетки и правильным подбором размеров топки можно, по нашему мнению, достигнуть большей гибкости в работе топки, что существенно важно в условиях сахарных заводов.

По вопросу о целесообразности применения ступеньчатых топок считаем, что хотя таковые работали даже с лучшим техническим и экономическим эффектом, чем топки Макарьева, но всеже в виду невозможности обеспечить нормальный съем пара с кв. метра котла, область их применения ограничивается лишь котлами Менье и Ферберна, для которых топка Макарьева, по нашему мнению, и не подходит, в первом случае, в виду невозможности комбинировать котел Ферберна с шахтноцепной топкой, во втором — из-за опасности работать с большим напряжением поверхности нагрева на котлах Менье.

Что касается экономической стороны вопроса, то, как видно из приведенных цифр, тонна пара при работе на торфе при Макарьевских топках оказалась самой дорогой. Здесь сыграли роль: 1) нерационально поставленная добыча торфа в малом масштабе примитивным способом, дающим большой $^0/_0$ мелочи, ввиду чего стоимость тонны торфа франко—топка слишком высокая, 2) высокая стоимость топок Макарьева сравнительно с другими топками, что при 3-х месячной эксплоатации в году ложится большой стоимостью на 1 тонну пара.

Учитывая все это, можно предполагать, что если с технической стороны препятствия к применению торфа будут устранены, то все же применение торфа окажется в ближайшие годы возможным при значительном удешевлении его стоимости и уменьшении затрат на первоначальное оборудование топками. В этом направлении снижения цен на сырье и на оборудование и должны работать заинтересованные в распространении торфа организации.

(Получена редакцией 27 декабря 1927 г.)

Проблема строения сахарозы и биологические процессы.

Проф. М. С. Философов.

Глава I. Постановка проблемы. Теория спиртового брожения.

Обычное представление о спиртовом брожении, как о разложении молекулы сахара на 4 молекулы этилового алкоголя и 4 молекулы углекислоты, по Гей-Люссаку [1]): $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 4\,C_2H_5OH + 4\,CO_2$ в настоящее время должно быть углублено и уточнено. Уже Пастер [2]) показал, что наряду со спир-

[1]) Ann. chim. de phys. 1860,328.
[2]) Ib. 1860,344.

том и углекислотой при спиртовом брожении сахара, вызываемом дрожжами, образуются еще глицерин (3%), янтарная кислота (0,5—0,7%) и кой-какие другие побочные продукты, а также часть сахара (1—1,5%) тратится на построение тела дрожжевой клетки.

После того, как Эрлихом[1]) было установлено, что янтарная кислота наряду с высокомолекулярными спиртами, входящими в состав сивушных масел, является продуктом сбраживания аминокислот, присутствие ее в формуле спиртового брожения нельзя было оставить. Но зато, принимая во внимание выделение тепла при спиртовом брожении, формулу его правильнее написать: $C_6H_{12}O_2 = 2\,CO_2 + CH_3CH_2OH + 28$ Cal[2]).

Благодаря работам Эрлиха и его последователей, мы знаем, что существует целый ряд сбраживаемых сахаров, и Фишер показал, что только те сахара сбраживаются, в которых атом углерода входит в числе кратном трем (триозы, гексозы). Но в настоящее время, с одной стороны, мы знаем целый ряд веществ и сахаров, содержащих атом углерода равным или кратным трем и не сбраживающихся, а с другой стороны, после исследования Пастера, Ганзена, Линднера и др. мы знаем длинный ряд различных дрожжей, различно относящихся к указанным сахарам и сбраживающих их в различной степени.

Химическая теория спиртового брожения особенно укрепилась со времен Бухнера(1896 г.), доказавшего, что брожение в сущности идет не за счет самой клетки, а за счет энзимов, выделяемых ею. Эти последние, представляющие вполне определенные химические вещества сложного строения, вырабатываемые живой протоплазмой в зависимости от жизненных условий и потребностей клетки, и находятся в последней частью в связанном состоянии, частью выбрасываются ею, в случае нужды, в свободном состоянии в окружающую жидкость. На этом основании сам Бухнер извлек энзимы путем разрыва оболочки дрожжевой клетки, подвергая дрожжи, смешанные с кизельгуром и кварцевым песком, давлению втечение 5 минут, при 50 атм.[3]).

Проще осуществил это А. Н. Лебедев, мацерируя в воде 2 часа при 35° подсушенные в термостате дрожжи (Химич. исслед. внеклет. брож. 1913 г. стр. 11). Но в некоторых случаях присутствие энзимов в свободном состоянии, выбрасываемых живыми дрожжами, можно обнаружить задолго до начала брожения. Так, в растворе сахарозы в присутствии дрожжей происходит обнаруживаемая поляриметром инверсия сахара, обусловливаемая выделением дрожжами энзима инвертазы.

Работы Harden'a и Joung'a показали, что в дрожжевом соке Бухнера и Лебедева содержится целый ряд энзимов. Из них зимаза, в полном смысле слова энзим спиртового брожения, представляет из себя энзим сложный. Фильтрацией через желатиновый фильтр из общего конгломерата энзимов дрожжевого сока можно выделить, так называемый, ко-энзим, проходящий через фильтр и выдерживающий кипячение. Несодержащий ко-энзима дрожжевой сок не может производить спиртового брожения. Ко-энзим имеет в своем составе фосфорную кислоту и под действием протеолитических энзим дрожжевого сока распадается, отчего дрожжевой сок перестает быть активным. Но он снова может быть активирован, если прибавить ко-энзим (кипяченого свежеотжатого дрожжевого сока).

Такое своеобразное действие кипяченого фосфорсодержащего дрожжевого сока или его ко-энзима уже в самом начале заставило задуматься над ролью фосфатов при брожении. Harden и Joung прибавляли фосфорнокислые соли к сахарному раствору и затем, исследуя раствор на содержание фосфорной кислоты, не могли обнаружить ее присутствия обычными химическими приемами с магнезиальной солью или молибденовокислым аммонием. Но с помощью свинцовых солей им удалось выделить особое соеди-

---

[1]) Z. 1905. Ber. 1907.
[2]) Костычев. Физиология. 396.
[3]) Buchner. Die Zymasegärung 1903 г. 58 с.

нение фосфорной кислоты с сахаром—гексозофосфат формулы $C_6H_{10}O_4(K_2PO_4)_2$, иначе называемый гексозо-ди-фосфорный эфир.

Самой большой загадкой уравнения спиртового брожения является причина, вызывающая первоначальное разрушение сахарной молекулы, которое можно сравнить, как говорит Schoen (Ann. 1925/26.193), со взрывом сахарной молекулы от затравки.

По мнению Harden'a и Joung'a (Ber. 1903, (36), 715; Proc. Roy S. 1906, (77), 405,369), такой затравкой должен быть фосфор, присоединяющийся к сахарной молекуле под действием кипяченого дрожжевого сока, восстанавливающего действие энзима зимазы. Это действие должно быть приписано фосфатам или ко-энзиму, отделенному от дрожжевого сока ультрафильтрацией, причем, так как ко-энзим проходит через поры желатинового ультрафильтра, следует, что ко-энзим не является коллоидом, а кристаллоидом.

В то время, как зимаза разрушается действием протеокластических (протеолитических) энзим (эндотриптазой), ко-энзим разрушается от действия энзим липолитических (разлагающих жиры) или же от действия кислоты или щелочи, или, наконец, при продолжительном кипячении.

Neuberg и Schenk [Bi. Z. 1915, (71), 135] показали, что действие зимазы восстанавливается также под влиянием α-кетоновых кислот и фосфатов. Особенно важно при этом отметить, что ион калия здесь является незаменимым. Так Harden (Bi. Z. 1907, (11), 64) указал, что зимаза, полученная из дрожжей, убитых ацетоном, лишенная промыванием ко-энзима и, следовательно, сделанная неактивной, восстанавливается под влиянием смеси пировиноградно-кислой щелочи или альдегида в присутствии фосфорно-калиевой соли. Если употреблять при этом фосфорнокислый натрий и пировиноградно-кислый калий — реакция продолжается; но, если берут вместо калия пировиноградно-кислый натрий, восстановления действия ко-энзима не получается.

Такое исключительное действие калия может быть находится в связи с радиоактивными свойствами его, как об этом высказали предположение Zwaardeword (S. biol. 1923, 27) и Campbelle и Wood [Proc. Combr. Phil. S. 1907, (14), 15] однако, точных экспериментальных данных по этому поводу не имеется.

Во всяком случае, из приведенных опытов ясно, что для восстановления действия зимазы, при замене ко-энзима химическими реактивами, являются безусловно необходимыми фосфор и калий.

Понятно поэтому, что когда Harden и Joung прибавляли фосфорнокислые соли, то они получали значительно более быстрое протекание спиртового брожения. Бухнер, который также наблюдал это явление (Die Zymasegärung 141), объяснял действие фосфатов изменением реакции среды. Но специфичность действия фосфатов в данном случае указывает на недостаточность такого объяснения.

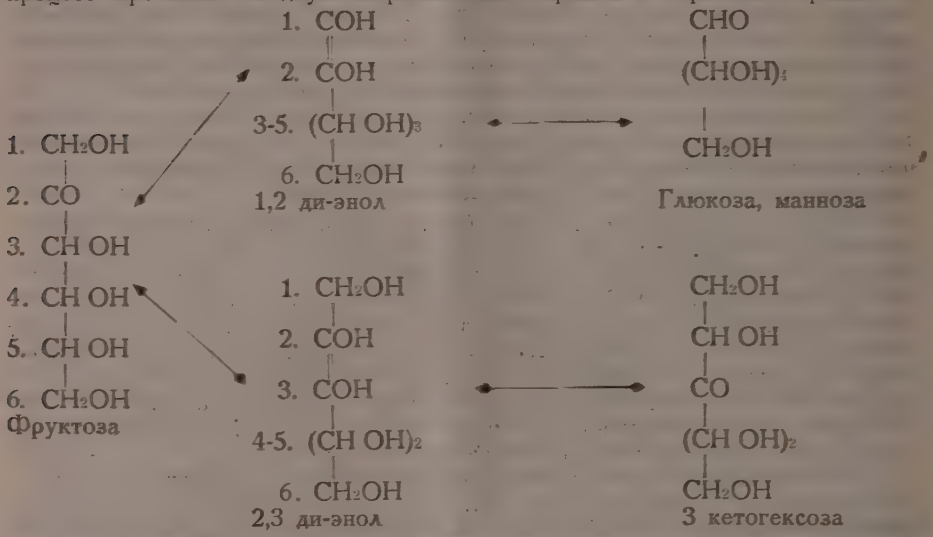
Если измерять ускорение спиртового брожения от действия фосфатов, то можно заметить точную пропорциональность между количеством прибавленной соли и ускорением процесса брожения. Каждой молекуле фосфата соответствует одна молекула выделенной CO_2 и одна молекула алкоголя более чем при брожении без фосфатов.

На такое действие фосфатов указывал Иванов (H. 1906/7, (50), 281), но он принимал при этом участие гипотетического вещества, содержащего C_2, получившегося при распаде молекулы сахара. Повидимому, действие фосфатов путем эксперимента и должно объяснить образование этого вещества и поэтому возлагались большие надежды на вещество, которое Harden'у и Joung'у удалось выделить, а именно, упомянутое уже выше новое вещество—гексозофосфорный эфир $C_6H_{10}O_4(K_2PO_4)_2$.

Рассматривая вопрос о фосфорилировании сахаров, т. е. соединении сахара с фосфорными солями, чрезвычайно важно отметить, что фруктоза, глюкоза и манноза дают гексозофосфорные эфиры. Между тем, эти же сахара находятся между собой в непосредственной связи при энольной перегруп-

пировке. Как известно, в слабощелочных растворах, растворах углекислых и уксуснокислых щелочей, сахара склонны к своеобразной перегруппировке, причем все три упомянутые гексозы через некоторое время находятся в растворе в постоянном равновесии. При этом, согласно мнению Nef'a [Lieb. Ann. 1907, 357, 214; 1910; 376; 1914, 204, 403] в щелочном растворе происходит энольная перегруппировка, т. е. образование из карбонильной группы не насыщенной спиртовой группы и двойной связи:

$> CH.CO- \longrightarrow C:C(OH)$, а для упомянутых сахаров этот процесс протекает по двум направлениям в прямом и обратном порядке:



Обращая особенное внимание на верхний ряд перегруппировок, обусловленных передвижением H-атома, мы видим, что из фруктозы образуется 1,2 ди-энол или 2,3 ди-энол, а затем маннoза или глюкоза; эта реакция может итти и в обратном порядке (от глюкозы к фруктозе).

Если же проследим возможную перегруппировку в отношении передвижения гидроксила OH, то можно из этого объяснить образование сахариновых кислот, а именно:

$$-CHOH-CHO \rightarrow -CH=C\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix} \longrightarrow -CH=CO- \rightarrow -CH_2-COOH$$

энол — Отделение воды — Присоединение воды

Из этих соображений и молочную кислоту можно рассматривать, как сахариновую кислоту: $CH_3.CH\,OH.CO\,OH$

Образование молочной кислоты из гексоз и пентоз под влиянием щелочей известно уже давно [Hoppe Seyler, Ber. 1871, (4), 346; Nencki и Sieber. I. pr. Ch. 1881, (2), 24, 298; Kiliani. Ber. (1882). (15), 136, 699; Beythier, Parcus и Tollens. Ann. Lieb. 1889, 255, 228; Windisch, Kolbach, Ruckdeschel W. 1927, 405 etc.] При этом наблюдалось так же образование, как промежуточного продукта, метил глиоксаля $CH_3CO.COH$. (Nef. Ann. Lib. 1904, 335, 225, 279 и др.)

Таким образом, можно предполагать, что две сбраживаемые гексозы — глюкоза и маннoза реагируют с фосфорной кислотой сначала в альдегидной группе, а затем в ближайшей вторичной спиртовой; фруктоза же реагирует в кетонной группе и в ближайшей первичной спиртовой. При этом надо подчеркнуть, что все упомянутые гексозы дают один и тот же озазон. Следовательно, как в случае соединения с фенилгидразином при образовании оза-

зона, так и под действием фосфатов при образовании гексозофосфорного эфира, остаток сахара имеет во всех случаях идентичное строение. А так как, кроме того, при гидролизе гексозофосфорного эфира всегда получается фруктоза, то согласно правилу Nef'a при энольной перегруппировке можно принимать, что фосфаты действительно оказывают значительное изменение структуры сахара в указанном направлении.

Необходимо, однако, отметить, что указанными соображениями не объяснимо сбраживание, например, галактозы. Этот сахар, вообще плохо сбраживаемый, приучением дрожжей [Willstätter и Sobotka H. 1922, (123), 176; Abderlhalden C. 1924. II, 2345] может быть сброжен и даже сильнее вышеупомянутых гексоз. [Harden и Norris, Proc. Royal. S., Ber. 1910, 645; Slator. Soc. 1908, (93), 217; Willstätter и Sobotka H. 1905, (123), 174]. Но сбраживания многих других небродящих сахаров до сих пор не удалось осуществить.

На основании вышеприведенных соображений Harden и Joung следующим образом формулировали участие фосфатов в процессе спиртового брожения. $2C_6H_{12}O_6 - 2K_2HPO_4 = 2CO_2 + 2C_2H_5OH + 2H_2O + C_6H_{10}O_4(K_2PO_4)_2$ (1) Под влиянием гидролиза гексозо-фосфат распадается и обратно выделяет сахар и фосфат: $C_6H_{10}O_4(K_2PO_4)_2 - 2H_2O = C_6H_{12}O_6 - K_2HPO_4$ (2)

Но надо полагать, что сахар, который выделяется в этой стадии обратно, имеет структурное строение уже иное. Именно, после этой реакции получается сахар всегда с кетонной группой, хотя в реакции первоначально участвовала альдоза. Этот вновь выделившийся сахар легче расщепляется, чем обыкновенный, бывший в растворе до прибавления фосфатов.

Подтверждением необходимости предполагать вышеуказанное превращение сахара служит то обстоятельство, что, как наблюдал Лебедев, спиртовое брожение с убитыми дрожжами в начале идет медленно и лишь по истечении некоторого времени достигает нормальной скорости и эта стадия „предварительного действия" (phase d'induction) может быть сокращена прибавлением готового гексозофосфорного эфира [Meyerhof. H. 1918, (102), 185]. Образование гексозофосфорного эфира известно, однако, только для убитых ацетоном дрожжей или для дрожжевого сока. В случае живых дрожжей не получается столь тесной зависимости между ускорением спиртового брожения и количеством прибавленных фосфатов. И даже более, нет никакой уверенности, что живые дрожжи способны образовать гексозофосфорные эфиры [Eüler. Bi. Z. 1918, (86), 337; Neuberg Bi. Z. 1920, (103), 320. Wien klin Woche 1925, (38), 373]. Gottschalk предполагает, однако, что образование гексозофосфорных эфиров потому не наблюдается во время брожения с живыми дрожжами, что соответствующие энзимы (фосфатаза) не выбрасываются дрожжами в бродящую жидкость.

Возможно, что способностью образовать гексозофосфорные эфиры обладает или сама зимаза или одна из ее составных частей. Подтверждением этого взгляда могло бы служить то обстоятельство, что препараты верховых дрожжей, лишенные зимазы, а, следовательно, и синтезирующего гексозофосфаты энзима, не действуют ни на сахара, ни на смесь их с гексозофосфорными эфирами даже и в присутствии ко-энзима низовых дрожжей. Иванов и Ohlsen [H. 1912, (76), 468; Bi. Z. 1911, (27), 313] предполагают, что синтез гексозофосфатов не является обязательно связанным с процессом брожения. Хотя все таки шведский автор считает необходимым, чтобы сахар был подготовлен непродолжительным брожением. Он говорит, что сахара при этом испытывают молекулярное потрясение: так, у глюкозы на 3% изменяется вращение плоскости поляризации. Но это предварительное брожение все таки не является обязательным для маннозы, глюкозы и фруктозы, дающих гексозофосфорный эфир непосредственно [Bi. Z. 1917, (82), 402; Bi. Z. 1918, (88), 432].

Для дальнейшего изложения взгляда на процесс брожения надо остановиться на следующих фактах: в 1918 г. Neuberg [Bi. Z. 1918, (88), 432] показал, что гексозо-моно-фосфат, полученный гидролизом гексозо-ди-фосфата, сбражи-

вается живыми дрожжами. Embden и Laquer [Klin. Woch. 1924. (3). 1393] нашли, что под влиянием животного мускула при разложении сахара образуется гексозо-фосфорный эфир и параллельно с образованием молочной кислоты образуется также и фосфорная кислота [H. 1915. (83). 1]. Эти две кислоты образуются за счет одного и того же первоначального вещества лакто-цитогена, который есть ни что иное, как упомянутый гексозофосфорный эфир.

Virtanen (H. 1924. (138). 136; H. 1924. (143). 71; W. 1225. (42). 119), наблюдал, что такой же эфир образуется под влиянием настоящих молочнокислых бактерий и пропионово-кислых бактерий.

В гипотезе Harden'a и Joung'a, выразивших спиртовое брожение формулами (1) и (2) (см. выше), есть ряд странных обстоятельств: когда фосфорная соль соединяется с одной молекулой гексозы—другая расщепляется на углекислоту и спирт; прибавленный фосфор в конце брожения находится целиком в растворе. Между тем, гексозо-ди-фосфорный эфир, выделенный в чистом виде и подвергнутый брожению с помощью зимазы, разлагается на углекислоту и спирт значительно медленнее, чем свободная гексоза, взятая в той же концентрации [Neuberg и Kobel. Bi. Z. 1925. (166). 448]. Указанные странности делают гипотезу Harden'a и Joung'a неудовлетворительной.

Отправным пунктом для новой точки зрения в этом вопросе Kluyver'a и Struyk'a (Ann. 1926 27. (25), 1] является образование соединения с C_3 уже в первой стадии брожения. Еще Donker и Kluyver [Ann. 1924 25.(23). 303. Versl. Kon. Ak. V. Wetensch. Amsterdam Wis. en Natuhrk. Abd. 1924. (33). 895] указывали на возможность превращения гексозы C_6 в гипотетическое соединение с C_3 под влиянием водорода при интрамолекулярном окси-восстановлении.

Авторы пытались объяснить активность под влиянием живой протоплазмы атома H при четвертом атоме углерода сахарной молекулы. Вместо загадочной теории Harden'a и Joung'a естественнее предположить участие в процессе спиртового расщепления сахара как раз той молекулы гексозы, которая вступила в соединение с фосфатом. Для этого надо предположить образование гексозо-монофосфорного эфира во время брожения и как раз Robinson [Bi. I. 1922, (18), 809] указал на существование такого эфира, получающегося из смеси гексозы и фосфатов под действием зимазы.

Если мы снова вернемся к рассмотрению циклической формулы гексозы: $CH_2OH.CH(CHOH).CHOH$, то можно предположить, что в водном растворе

— O ——

под влиянием гидролиза, как указывает восстановительная способность α-глюкозы, первоначальное кольцевое строение нарушается и переходит в строение с открытой цепью. Но Armstrong [The carbohydrates and the Glucosides, London 1924,8] указал, что при этом образуется гидрат альдегида. (Ср. также Костычев, об этом будет речь в следующей главе. М. Ф.).

Другие данные заставляют скорее думать иначе, а именно, что в водном растворе происходит перегруппировка обоих строений глюкозы α и β, так как обе эти глюкозы вместе, как и будучи растворены каждая в отдельности в водном растворе имеют конечное вращение 52,5 [см. Pringsheim, Zucker Chemie, стр. 140—142].

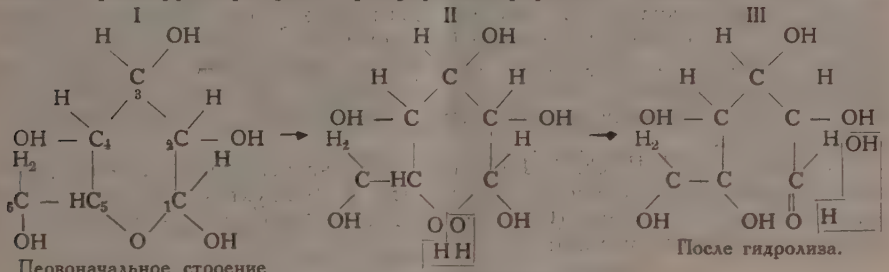
Это могло бы доказывать открытую группировку обоих глюков в водном растворе. Если бы мы точно знали, как изменяется восстановительная способность растворов глюкозы (т. е. если они имели циклическое строение, а затем получили открытое, то свеже приготовленные растворы должны восстановлять менее сильно, чем постоявшие или же нагретые), то было бы необходимо, однако, восстановление производить на холоду, так как нагревание есть один из способов быстрого перевода первоначальной циклической формы в смесь α и β (Pringsheim l. c. 23 c.).

Из того, что даже следы щелочи и кислоты вызывают мгновенную мутаротацию (переход в открытую цепь или смесь α и β) нельзя восстанови-

тельной способностью воспользоваться для определения наличия открытой цепи. Ведь отрицание открытой цепи и вытекает из затруднений в альдегидных реакциях сахаров. Следовательно, Kluywer делает неправильную предпосылку о переходе в открытую цепь в водном растворе.

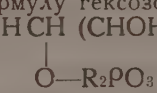
Единственно, что можно ожидать, принимая во внимание циан-гидриновую реакцию (Pringsheim l. c. 6 стр.), что щелочи или даже следы их вызывают разрыв лактонного кольца циклических строений глюкоз, после чего они переходят в открытую группировку с свободной альдегидной группой уже функционирующей с той же восстановительной силой, как и альдегид. Естественно ожидать, что гидролиз при растворении в воде есть тоже реакция перехода в открытую группппировку, но процесс более медленный.

Принимая во внимание, что разрыв кольца обуславливает освобождение молекулы воды вследствие реакции между двумя гидроксилами, связанными с первым и пятым углеродными атомами, можно сделать заключение, что одна из этих гидроксильных групп (OH), которая представляет реактивную часть молекулы сахара (освобождающихся также в момент разрыва кольца) она то и фиксирует фосфат в фосфорный эфир:



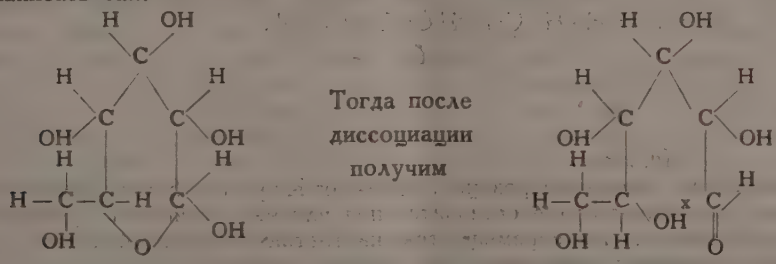
Первоначальное строение глюкозы. В водном растворе. После гидролиза.

Проследив этот процесс диссоциации, Kluyver и Struyk считают вероятной следующую формулу гексозо-моно-фосфорного эфира:



Образование триозофосфорного эфира (монофосфорного эфира) было найдено Ивановым еще в 1907 г. [H. 1907, (50), 281; Cbl. Bakt 1909 II. (24), 1], подтвердившим свои предположения экспериментальным путем. Иванов изолировал свой эфир из бродящей жидкости при прибавлении очень малого количества фосфатов при низкой температуре.

Так как формулы I и II в оригинале повторены в одинаковой конфигурации, то нельзя не отметить, что согласно написанного H у 5-го углеродного атома оказался с двойной связью, поэтому I и II формулы следовало бы написать так:



Тогда реактивным гидроксилом, указанным Kluyver'ом, будет гидроксил, стоящий у 5-го атома углерода и на нашей схеме обозначенный звездочкой.

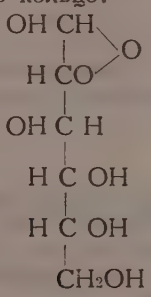
Если этерификация происходит чисто химическим путем, как, например,

под действием уксусной кислоты на α-глюкозу, то ацетильная группа фиксируется около гидроксильных групп 1, 2, 3, 4 и 6 атомов углерода. Однако, это не является негармонирующим с указанными здесь представлениями. Необходимо помнить, что химическая этерификация происходит в условиях действия на ангидрид, с применением обезвоживающих веществ (уксусно натриевого ангидрида, концентрированной серной кислоты и т. п.), в то время, как энзиматическая этерификация происходит обязательно в водном растворе.

α- и β-глюкоза в водном растворе постепенно испытывают перегруппировку — окончательно раствор содержит глюкозу с открытой цепью $[\alpha]_D^{20} = 52{,}5^0$ (хотя с другой стороны Hudson объясняет образование глюкозы с $[\alpha]_D^{20} = 52{,}5$ тем, что получается в смеси α-глюкоза с $[\alpha]_D^{20} = 111{,}2^0$ и β глюкозы с $[\alpha]_D^{20} = 17{,}5^0$, причем β конфигурации в $1^1/_2$ раза больше, чем α (как уже было указано выше).

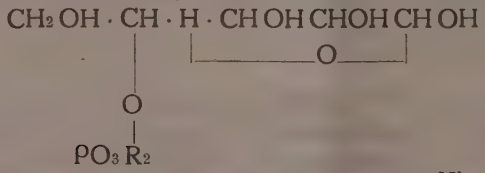
Образовавшийся моногексозофосфорный эфир непостоянен и стремится принять строение кольца. Но так как OH-группа у 5-го углеродного атома занята PO_4, то вступает в реакцию гидроксильная группа четвертого углеродного атома и в результате получается циклический фосфорный эфир строения окси-бутилена. Эта мысль становится тем более понятной, что Haworth считал формулу окси-бутилена согласующейся с конфигурацией γ-глюкозы Irvin'a.

Однако, Purid [I. ch. 5. 1907, (91), 296] на основании легкой окисляемости перманганатом пришел к мысли, что в γ-фруктозе имеется 2,3 этиленное кольцо, и Tomas (Curs. biol. Ch. стр. 266) для γ-глюкозы также принимает этиленное кольцо:



Согласно мнению Irvin'a, γ-глюкоза играет большую роль в биохимических процессах. Однако, γ-метил-гликозид не способен к ферментативным реакциям (Weidenhagen Z. 1927, 73).

Таким образом, эфир окончательно должен иметь следующую формулу:

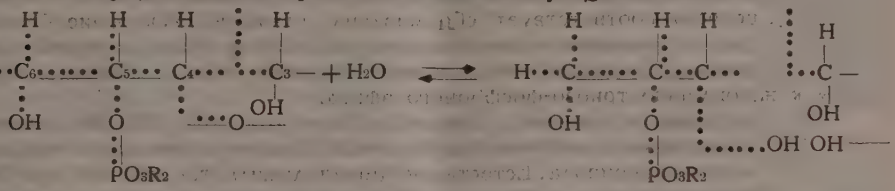


Вследствие, указанной реакции, замечают Kluyver и Struyk, водород при четвертом углеродном атоме становится под влиянием действия протоплазмы настолько активным, что перемещается на третий углеродный атом с одновременным разрывом связи между двумя этими атомами.

Но, с другой стороны, под влиянием внедрения остатка фосфата, молекула претерпевает перегруппировку, которая является необходимой для отделения получившегося соединения от всей молекулы сахара с шестью атомами

углерода, дабы протоплазма могла проявить свое действие, как передатчика кислорода, что было затруднительно осуществить для нормальной глюкозы, но что становится возможным после присоединения фосфата.

Этот процесс можно представить себе следующей схемой:



Здесь пунктирными линиями ..... обозначены ослабленные связи, а двойными линиями ••••• усиленные.

Легкость, с которой отделим фосфат, показывает, что пятый углеродный атом не вполне насыщен и что он обусловливает увеличение сродства к 4-му углеродному атому.

Теперь проследим активирование H-атома, связанного с этим последим атомом и ослабление связи между четвертыми и третьими атомами углерода.

После отделения третьего атома от четвертого становится акцептором (приемником) водорода третий атом. Если в это время обнаружится действие протоплазмы активирующей водород, то этот последний пойдет с 4-го на 3-й атом углерода с одновременным разрывом связи между ними. Четвертый атом углерода, который теряет теперь насыщение, разрывает связь C — O — C, гидролизуясь, и образует по обе стороны альдегидные группы.

Таким образом, на основании изложенных соображений Kluyver и Struyk представляют себе разложение глюкозы под влиянием фосфатов в присутствии дрожжей следующим образом:

1. $C_6H_{12}O_6 + HR_2PO_4 = C_6H_{10}O_5\ (PO_4R_2) + H_2O$
2. $C_6H_{11}O_5\ (PO_4R_2) = C_3H_6O_3 + C_3H_5O_2\ (PO_4R_2)$

3а. $C_3H_6O_3 = CO_2 + C_2H_5O$ под влиянием карбоксилазы м. б. пировиноградная кислота.

3б. $C_3H_5O_2\ (PO_4R_2) + H_2O = C_3H_6O_3 + HR_2PO_4$.

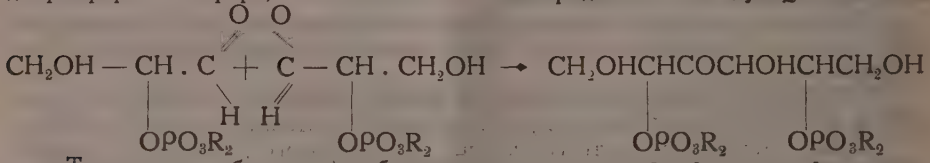
Соединение $C_3H_6O_3$, вытекающее из уравнения 3б, в дальнейшем опять расщепляется по уравнению 3а. Таким образом, в этой схеме скорость брожения зависит от скорости разложения триозо-фосфорного эфира, а не медленно реагирующего гексозо-ди-фосфорного эфира и действие прибавления минеральных фосфатов подтверждается уравнением 1—3а.

То обстоятельство, что в общем балансе спиртового брожения согласно уравнения Гей-Люссака мы не досчитываем $1 — 1^1/_2\%$ сахара, идущих на питание дрожжей, показывает, что процесс разложения слагается из двух самостоятельных процессов усвоения и образования энергии, связь между которыми очень трудно установить. Факты, что дрожжи могут использовать в качестве углеродистого питания не только сахар, но и другие вещества, например, винную или молочную кислоту, показывают, что для процесса ассимиляции углерода неважно иметь в питательной среде в начале процесса целую молекулу сахара—очень возможно, что усвоение углерода из сахара, в процессе спиртового брожения, наступает в какой либо определенный момент в середине разложения сахара. Факты из практики так же показывают, что для размножения дрожжей требуется лишь небольшое количество сахара, или оно даже может быть заменено иными источниками углеродистого питания.

Кроме того, надо заметить, что в формуле Harden'a и Jung'a не объясняется почему в начальном периоде брожения отношение между количеством, перешедшего в эфир фосфата и образующейся углекислотой больше единицы и только к концу это отношение принимает величину равную единице. В схеме Kluyver'a этерификация предшествует брожению и в самом начале должно образоваться некоторое количество моно-фосфорного эфира,

после чего уже собственно и начинается выделение углекислого газа, согласно формуле спиртового брожения. Необходимо также подчеркнуть, что монофосфорный эфир, соответствующий указанной схеме и выделенный Robinson'ом (l. c.) отличается от ди-фосфорного эфира тем, что сбраживается легче и с той скоростью, которая соответствует сбраживанию глюкозы. Ускорение брожения зависит не от большего количества минерального фосфата, а от действия энзима фосфатазы. Очевидно, что в данных условиях избыток фосфатов привел бы к накоплению триозо-фосфорного эфира.

По исследованиям Kluyver'a, Donker'a и Issert Kof'a (C. 1926 № 1) накопление ацетальдегида под действием карболигазы Neuberg'a приводит к конденсации ацетил-метил-карбинола. Естественно предположить, так же, что подобно этому и накопление триозо-фосфорного эфира поведет к конденсации гексозо-ди-фосфорного эфира, что можно было бы представить следующей схемой:

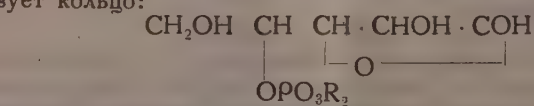


Теперь для объяснения образования гексозо-ди-фосфорного эфира рассмотрим, как протекает сбраживание d-фруктозы. Соответственно тому, какую формулу примем для этой гексозы—циклическую или в виде открытой цепи—изменятся и наши представления о протекающих процессах при ее сбраживании.

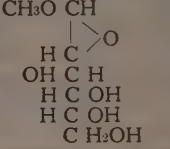
Для открытой цепи $CH_2OH\ CHOHCHOHCHOH\ \overset{\overset{O}{\|}}{C}CH_2OH$ мы получим строение фосфорного эфира. $CH_2OHCHCHOH\,.\,CHOH\,.\,\overset{\overset{O}{\|}}{C}\,.\,CH_2OH$

OPO_3R_2

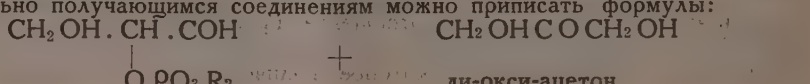
Но образование такого эфира будет только промежуточным и он тотчас же образует кольцо:



Согласно последним данным Irvin'a [Soc. 1923, (123), 916], на что также еще раньше указывал E. Fischer [B. 1914, (47), 1983], вряд ли γ-метил-глюкозид представляет из себя самостоятельное вещество. Это и понятно, так как он не кристаллизуется (получен Фишером в виде сиропа); ему также можно приписать такую формулу [Jrvine, Fyle и Hagg Soc. 1915, (107), 524]. Этот третий изомер метил-глюкозида отличается крайней чувствительностью к кислотам и восстановляет Фелингов раствор (цитиров. по Pringsheim'y, 75). Можно полагать, что здесь сохранились еще первоначальные группировки глицеринового альдегида и диоксиацетона, которые сохраняют еще все реакции альдегидов и нетонов и, следовательно, не обладают еще циклической конфигурацией.



Последняя циклическая структура монофосфорного эфира соответствует формуле γ-фруктозы Irvin'a, объясняющей реакционную способность последней. Образование кольца неопровержимо доказывает почему водород четвертого углеродного атома предпочтительно активируется протоплазмой. Для удовлетворения объяснения, аналогичного предыдущему, надо предположить переход атома водорода с 4-го углеродного атома на пятый, вследствие чего окончательно получающимся соединениям можно приписать формулы:



d-фруктоза дает также фосфорный эфир, но не ди-окси-ацетон, а глицериновый альдегид, как и d-глюкоза.

Приведенные выше рассуждения Kluyver'a находятся в согласии с экспериментальными данными Harden'a и Joung'a, не имевших до сих пор удовлетворительного объяснения.

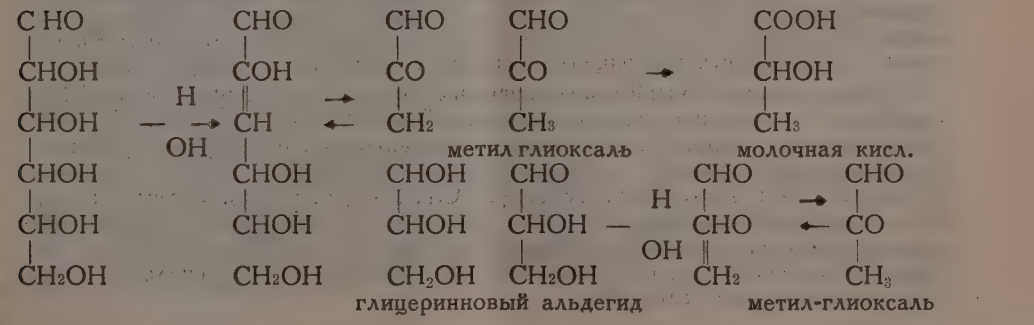
Таким образом, резюмируя все вышеизложенное о действии фосфатов, надо признать, что строение гексозо-фосфорных эфиров удобнее вести от γ — конфигурации сахаров. Различие в сбраживании глюкозы, фруктозы и маннозы заключается лишь в том, что, согласно уравнению (II) (см. выше), в случае брожения глюкозы и маннозы образуется глицериновый альдегид, а в случае брожения фруктозы ди-окси-ацетон.

С помощью гипотезы Kluyver'a можно решить вопрос: какой сахар получится, если ди-фосфорный эфир отделить от связанной с ним молекулы сахара? Согласно предположенной схеме следует ожидать образования гексозы с открытой цепью: $CH_2OH(CHOH)_2COCHOHCH_2OH$, т. е. 3 кето-гексозы. Согласно опытным данным Neuberg'a, Färber'a, Levit'a и Sehwen'a [Bi. Z. 1917, (83), 244] гидролиз ди-фосфорного эфира с помощью щавелевой кислоты дает d-фруктозу. Принимая во внимание непостоянство 3-кето-гексозы и легкость, с которой группа C=O изменяется при энольной перегруппировке, можно уверенно сказать, что образуется только фруктоза. Это предположение подтверждается наблюдением Joung'a, что растворы полученные перегруппировкой эфира обладают восстановительной и вращательной способностью, соответствующими фруктозе.

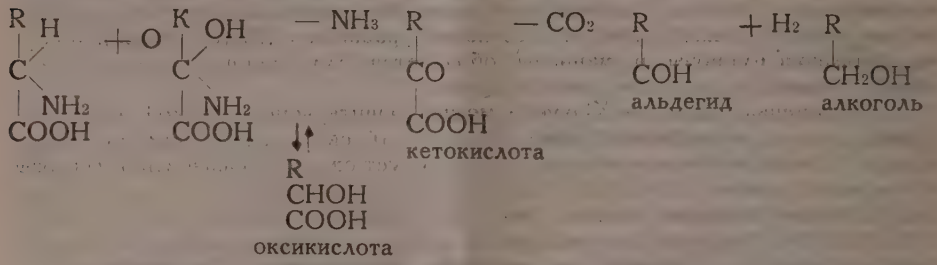
Взгляды Kluyver'a и Struyk'a ценны тем, что исходят из физического перемещения атомов сахарной молекулы, как начала спиртового брожения. Однако, на место гипотетических триоз они выставляют не менее спорные активирование и передвижение атома водорода под влиянием действия живой протоплазмы. Все таки, принимая во внимание допускаемые новейшими взглядами на строение сахарной молекулы изменения структуры сахара при простом растворении его в воде, следует признать, что первым толчком к перемещению и разъединению атомов при спиртовом брожении является их неустойчивое физическое состояние в растворе. Поэтому надо полагать, ответ на первоначальный „взрыв" молекулы, как выражается Schoen, будет дан теорией растворов, а действие протоплазмы или энзимов дрожжей будет вторичным, каталитическим, продолжающим начавшуюся реакцию гидролиза под влиянием воды, как растворяющей среды.

Другие взгляды о предварительном распаде сахара на группы, содержащие C_3, чаще всего так или иначе высказывались в пользу молочной кислоты [Bayer Ber 1870, 63; Buchner Ber 1910, 1773 и др.]. Сомнительность присутствия этого вещества, как промежуточного продукта, была указана уже Buchner'ом и Meisenheimer'ом (Ber. 1912 г.), принужденным признать ее предварительное преобразование в ди-окси-ацетон, который, по аналогии с Tyrotrix. tenuis [C. r., (150), 1004], мог считаться сбраживаемым дрожжами.

Иначе построил свою теорию Wohl [Bi. Z. 1907, (5), 45]:

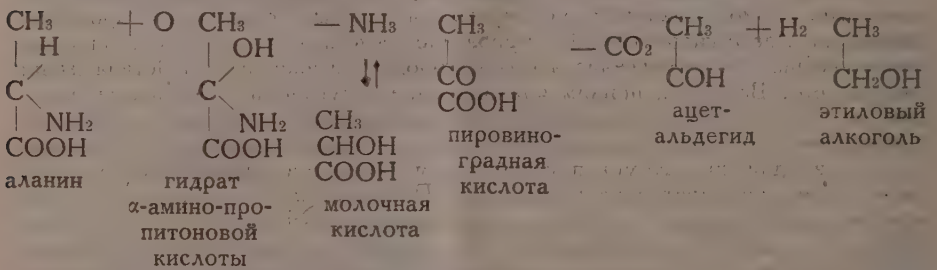


В схеме Wohl'я представляется более вероятным присутствие, как промежуточных продуктов, ди-окси-ацетона, глицеринового альдегида и метил глиоксаля. Развитие этой идеи мы видим в построениях Neubauer'a и Fromherz'a (H 1910,10, 326), продолжавших работы Эрлиха [Bi. Z. 1007, 52], о действии дрожжей на аминокислоты, результатом которого являются высокомолекулярные спирты, но с числом углеродных атомов на 1 атом меньше, чем у исходных аминокислот:



Присоединение O_2 в этом цикле напоминает реакцию организма. Не происходит ли образование окси-аминокислоты внутри протоплазмы для образования тела дрожжей? Удаление аммиака происходит также внутри клетки (образование азотистой части клетки). Остаток—кето-кислота извергается и для получения энергии разлагается на спирт и CO_2.

Беря конкретный пример получим:



В этой схеме особенно следует отметить то обстоятельство, что пировиноградная кислота сбраживается дрожжами (Neuberg. Bi. Z. 1911, (31), 170). Следовательно, и при сбраживании дрожжами сахара она так же может быть промежуточным веществом. Именно Neuberg и Karzag (Bi. Z. 1911, (37), 60) показали, что при сбраживании, как живыми, так и убитыми дрожжами пировиноградной кислоты происходит накопление альдегидов и выделение CO_2. Последнее обстоятельство они приписали действию особого энзима „карбоксилазы". Этот энзим очень постоянен, и дрожжевой сок неспособный к брожению, как, например, кипяченый, тем не менее производит расщепление пировиноградной кислоты. Этот энзим был также найден Залесским и m-lle Маркс (Bi. Z. 1913, (47), 175) в горохе и лупине и Mazé (Ann Past. 1900, (14), 350) показал возможность настоящего спиртового брожения с помощью гороха.

Для нас имеет наибольшее значение проследить процесс образования альдегида из пировиноградной кислоты (Ann. 1919 20, 311, 369). Из работ Schutzenberger'a и др. хорошо известно, что алкоголь, образуемый дрожжами, в присутствии большого количества воздуха содержит много альдегидов. (C.r. 1879, 593; Ann. Past. 1893, 41; C.r. 1908, 615, 906). Затем альдегид исчезает. Важно отметить не то, что альдегид получается, как продукт окисления алкоголя, а то, что он образуется еще до появления алкоголя. Под влиянием карбоксилазы он образуется из пировиноградной кислоты, а при восстановлении дает алкоголь.

Каким же образом происходит это восстановление? Уже Настюков (C.r. (107) и Jle Key (ib. 188, (108), 1683) указали на восстановительную способность дрожжей, восстановлением серы в сероводороде. Далее Палладин [H. 1908, (56), 81] получил из селена селеновую кислоту. Львов (Ann. 1913, 111) восстановил метиленовую синь. Lintner и Liebig (1911, (72), 449; Lintner и Lüers (14, 1903, (88), 122), наконец, Neuberg и его сотрудники произвели целый ряд подобных восстановлений с выходом алкоголя до 84%. Теперь остается только экспериментально доказать образование пировиноградной кислоты при спиртовом брожении из сахара, подобно тому как это выше было показано Neubauer'ом и Fromherz'ом при брожении амино-кислот (аланин).

Экспериментальное доказательство образования дрожжами пировиноградной кислоты впервые сделали Fernbach и Schoen (C. r. 1913, (157), H. 78; Ann. 1913, (16), 553).

Fernbach уже раньше [C.r. 1913, (156), 78] показал, что при разведении дрожжей в средах с увеличивающейся кислотностью—кислотность среды возрастает тем больше, чем менее была кисла жидкость в начале.

Это увеличение кислотности зависит от расы дрожжей, но для каждой из них имеет конечную величину, в зависимости от способности, с которой данная раса переносит образуемую кислоту. Количество образовавшейся кислоты тем больше, чем дальше находится реакция среды от конечного предела кислотности, переносимого данными дрожжами. Следовательно, для накопления кислоты надо культивировать дрожжи в среде по возможности нейтральной, например, в жидкости, в которую прибавлен избыток мела. Помимо увеличения образования кислоты, мел позволяет также получить кальциевые соли, образуемые кислотой и, таким образом, уловить продукты, могущие считаться промежуточными в данном процессе.

Таким путем образование пировиноградной кислоты лучше всего проследить в минеральных средах [C. r. 1914, (158), 1719]; Ann. $19^{14}/_{19}$, (17), 24] Fernbach брал для этой цели несколько измененную среду Rolin'a: 2 гр. азотнокислого аммония, 0,5 гр. сернокислого магния, 0,4 гр. монофосфорнокислого калия, 0,4 гр. монофосфорнокислого аммония, следы сульфата цинка, железа и калиевой соли кремне-кислоты, растворенных в литре дистилированной воды, с достаточным количеством сахара и с прибавлением в избытке стерилизованного мела.

По окончании брожения жидкость отделяют фильтрацией от мела и дрожжей и сгущают в вакууме при 35°—40°. Сиропообразную жидкость вливают в крепкий алкоголь, пока его крепость не понизится до 85°. При этом часть растворимых кальциевых солей, находившихся в сгущенной жидкости, выпадает в виде нерастворимого осадка. Этот осадок отфильтровывают, промывают спиртом и высушивают в вакууме. Высушенный белый порошкообразный осадок пировиноградноки слого кальция растворяется в возможно малом количестве воды и подкисляется серной кислотой, для выделения свободной пировиноградной кислоты. К полученной кислой жидкости прибавляют немного инфузорной земли и полученную кашеобразную массу извлекают эфиром. Эфирную вытяжку фильтруют в перегонную колбу и по испарении эфира на водяной бане, в колбе остается сироп, быстро выделяющий кристаллы янтарной кислоты. Пировиноградная кислота обнаруживается по образованию иодоформа, реакциями окрашивания, по образованию гидразонов и т. д. или же изолируется перегонкой в пустоте.

Количество образовавшейся пировиноградной кислоты во время брожения можно проследить по исчезновению сахара и мела и по возрастающему образованию иодоформа. Последнюю реакцию необходимо производить на холоду и после полного отделения всех летучих продуктов из бражки.

Примером скорости образования пировиноградной кислоты может служить следующая таблица:

Продолжительность брожения	Поглощено сахара	Тоже в % (гр. на 100 гр.)	Количество CaO перешедшего в раствор	Количество образовавшегося иодоформа
2	0,40	4,9	0,0258 гр.	0,134
3	1,10	12,2	0,0797	0,490
4	3,00	36,6	0.2500	1,331
5	4,50	54,9	0,4293	1,650
6	6,42	78,3	0,4796	1,665
7	7,68	93,6	0,5384	1,540
10	8,20	110	0,5280	1,230

Количество Ca — солей, осажденных алкоголем, получается при брожении с mico-levure 15-25%. С обыкновенными винными дрожжами (Cramant) 5-7%, с Amylomyces Rouxii 76%, считая от веса сахара в растворе.

Таким образом, теоретические предположения Neubauer'a на примере спиртового брожения становятся экспериментально доказанными. Дрожжи способны образовать из сахара кетоно-кислоту, которая дает под влиянием карбоксилазы дрожжей альдегид.

После того, как авторы доказали образование во время брожения пировиноградной кислоты, остается только показать (Ann. $19^{23}/_{24}$ (22) № 1), что и молочная кислота, которой прежними исследователями (Buchner и Meisenheimer Ber. 1910, 1773) было найдено очень мало, но которую предполагает схема Neubauer'a и Fromherz'a (l. c.), также образуется при спиртовом брожении.

Метод обнаружения ее такой же, что и пировиноградной кислоты (C. r. biol. 1923). Брожение в минеральном растворе в присутствии мела, осаждение фильтрованной бражки спиртом, и фильтрация полученного спиртового раствора. Из полученного спиртового фильтрата отгоняют алкоголь, и оставшийся сироп обрабатывают сернистой кислотой, которой берется строго необходимое количество для выделения органических кислот. Массу пропитывают инфузорной землей и извлекают в аппарате Сокслета эфиром. Остаток растворяется в воде и перегоняется в пустоте для отделения летучих кислот. Наконец, остаток еще раз обрабатывается углекислым цинком и полученную молочно-кислую соль цинка очищают перекристаллизацией и в высушенной соли определяют кристаллизационную воду.

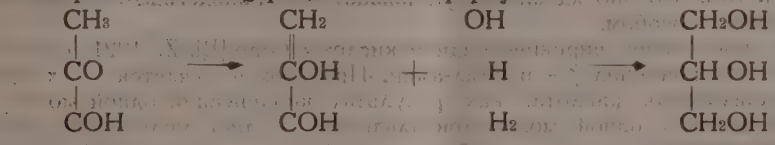
	Найдено	По расчету на активную соль с $2H_2O$
Кристаллизационной воды	12,48	12,89
ZnO в обезвоженной соли	33,44	33,33
Активность соли $[\alpha]_D^{20}$	+ 5,6°	—

Из 200 гр. сахара в растворе получено 0,7% цинковой соли. Полученная соль представляет смесь правой и левой кислоты, но правой больше на 1/3. В 1915 году Müller Thurgau и Osterwalder (Landw Iharb. 1914, [28], 480) обратили внимание на усиленное образование альдегида в присутствии сернистой кислоты и бисульфитов в вине и в искусственных средах. В 1915 г. Connstein и Lüdecke (Z. 1919, 358) взяли патент на приготовление глицерина с помощью дрожжей. Способ этот сохранялся в тайне. В 1916 г. [Bi. Z. 1916, (78), 238] Neuberg исследовал брожение в щелочной среде, а затем Neuberg и m-lle Reinfurt [ib. (89) 365; 1918, (92), 234.], а также Connstein и Lüdecke [Ber 1919, (52), 1385] показали, что в присутствии сульфитов спиртовое брожение идет в сторону одновременного образования глицерина и альдегидов. При

этом авторами при помощи Германского Высшаго военного командования было также организовано общество Protol (Connstein и Lüdecke), которое открыло ряд заводов и снабжало армию глицерином, полученным путем сбраживания патоки, в присутствии бисульфита натрия.

Neuberg со своим сотрудниками и Connstein и Lüdecke, подошли к решению задачи совершенно независимо друг от друга. При этом последними руководили только хозяйственные и патриотические мотивы, а Neuberg искал подтверждения, высказанной им теории брожения. Поэтому все теоретические обоснования гипотезы и самое химическое выражение — формула брожения даны Neuberg'ом. У тех и у других авторов альдегид, получающийся, как результат обычного спиртового брожения, связывается сульфитом, а действие редуцирующей способности дрожжей распространяется тогда на промежуточное вещесгво, содержащее C_3 и дающее глицерин.

Neuberg предполагал, что это вещество с C_3 представляет из себя метил глиоксаль в энольной форме, и долгое время считал, что метил-глиоксаль легко переходит в глицерин, согласно формуле



метил-глиоксаль — энол — глицерин

Так как $CH_3COCO\,OH - CO_2 = CH_3COH$ (см. выше) $C_6H_{12}O_6 = CH_3\,COH + C_3H_8O_3 + CO_2$. Следовательно, выражая последовательно весь процесс по Neuberg'у (цит. по Шорыгину, стр. 109) первая фаза выражается распадом гексозы на 2 части глиоксаля с отщеплением воды; $C_6H_{12}O_6 = 2CH_3\,CO\,COH + 2H_2O$. 2 частицы метил — глиоксаля по реакции Канницаро под влиянием альдегид-мутазы дрожжей дают пировиноградную кислоту и глицерин: $CH_3\,CO\,COH \quad O \quad CH_3\,CO\,CO\,OH$ (пировиногр. кислота)

$$+ \longrightarrow$$

$CH_2 = CHO - COH \quad H_2 \quad CH_2\,OH\,.\,CH\,OH\,CH_2\,OH$ (глицерин)
$OH - H$

Таутомерная энольная форма метил-глиоксаля.

Или вообще $C_6H_{12}O_6 = CH_3\,COH + C_3H_8O_3 + CO_2$.

Количество альдегидов, алкоголя и углекислоты указаны Connstein и Lüdecke, в следующих соотношениях, считая все в % от количества употребленного сахара:

Количество сульфита	Альдегид	Алкоголь	Углекислота
25%	2,42	39,96	37,6
40	5,6		
50	5,8	35,8	35,8
67	7,6		
80	9,9		
100	10	29,4	29,4
150	17,6		

Количества получающихся альдегида и глицерина соответствуют отношению молекулярных весов этих веществ (уксусный альдегид $CH_3\,COH = 44$; глицерин $C_3H_8O_3 = 92$), а именно $44/92 = 1/2$, что и подтвердилось экспериментально:

Сульфита связано	Образовано альдегида	Образовано глицерина	(Fernbach Ann. $19^{24/25}$, 165)
33 гр.	11,9 гр.	23,37 гр.	
50	12,52	24,86	
75	13,89	27,61	
100	18,65	36,90	

Количество разложенного сахара, однако, не соответствует вышеприведенной формуле. Соединение сульфита и сахара в щелочной среде может быть выражено следующим образом.

$$C_6H_{12}O_6 + Na_2SO_3 + H_2O = C_3H_5O_3 + CH_3CH(OH)O.SO_2Na + NaHCO_3$$

Далее происходит разложение с освобождением альдегида, который и претерпевает дальнейшее восстановление в алкоголь

$$CH_3\,CH\,(OH)\,.\,OSO_2\,Na = CH_3\,COH + Na\,HSO_3$$
$$CH_3\,COH + H_2 = CH_3\,CH_2\,OH$$

Все сбраживающиеся сахара бродят по указанной формуле. Среди триоз диокси-ацетон дает другие отношения глицерина к альдегиду.

Пировиноградная кислота также может связываться сульфитом, но настолько непрочно, что нельзя уловить это соединение. Для улавливания уксусного альдегида Neuberg и Reinfurt [Bi. Z. 1920, (106), 281; Ann 19^{20} $_{21}$, 88] ведут брожение в присутствии ди-метил-гидро-резорцина. Последний связывает уксусный альдегид в виде нерастворимого соединения. Неудобство этого вещества в том, что оно ядовито и уменьшает выход альдегида по сравнению с сульфитным способом.

Для улавливания пировиноградной кислоты Grab [Bi. Z. 1921, (122), 69; Ann 19^{21} $_{22}$ 20] применил β — нафтил-амин. При этом получается α — метил— β — нафтоцинхоновая кислота, как результат конденсации одной молекулы β — нафтил-амина с одной молекулой альдегида и одной молекулой пировиноградной кислоты.

При спиртовом брожении в щелочной среде ход реакции отклоняется от нормального пути в другом направлении. Наиболее ранние исследования этого вопроса сделаны Дюма [Ann. de Chim. et Phys. 1874 (3) 57], указавшим на возможность брожения в присутствии соды. Влияние реакции среды было изучено также Pasteur'ом. Он указал, что брожение в нейтральной среде более благоприятно для процесса, но прибавление кислоты дает большую уверенность в чистоте брожения. [Ann. Chim. et Phys. 1858, (51), 404], а Kiss [Das periodische Sistem der Elementen, 1909] наблюдал ускоряющее действие щелочей.

Изменение направления спиртового брожения в щелочной среде аналогично тому же какое оно принимает в присутствии сульфитов. Заключается оно в накоплении альдегидов, но под влиянием реакции среды, течение реакции идет в направлении известной реакции Канницаро, согласно которой [W. Meyer T. I ч. 1. 678] две молекулы альдегида под влиянием щелочи разлагаются с образованием алкоголя и кислоты:

$$\begin{matrix} CH_3COH \\ CH_3COH \end{matrix} \begin{matrix} Na \\ + H \\ O \end{matrix} = \begin{matrix} CH_3CH_2OH \\ \\ CH_3COONa \end{matrix}$$

Эта реакция в последнее время была исследована Schweizer'ом и Geilinger'ом [Bull. 1924/25 (42), 26]. Авторы повторили работу Parnas'а (в цитированной статье источник не указан) и нашли, что только при условии полного отсутствия доступа воздуха реакция идет согласно теоретическим отношениям, в присутствии же воздуха количество образовавшегося алкоголя меньше, а альдегида больше.

Образование альдегида (метил глиоксаля или неизвестного вещества с C_3) из сахара сопрождается образованием глицерина:

$$2\,C_6H_{12}O_6 + H_2O = 2\,C_3H_8O_3 + CH_3CH_2OH + CH_3COH + 2\,CO_2$$

Это последнее уравнение реакции спиртового брожения в своих стехиометрических отношениях подтверждается работой Neuberg'а и Hirsch'а (Bi. Z. 1912, (99), 175, (98), 141) о так называемой третьей форме спиртового брожения, т. е. об образовании уксусной кислоты. Получение глицерина согласно этому уравнению было осуществлено уже во время войны [Eoff. Linder и Beyer, Iourn. Ind. Eng. 1919, (11), 845; Ann. 1919 20, 179]. Таким образом, как окончательный результат исследования многих авторов за последнее время,

спиртовое брожение может быть выражено тремя формулами, сообразно тем условиям, в которых протекает процесс:

$$C_6H_{12}O_6 = 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2$$

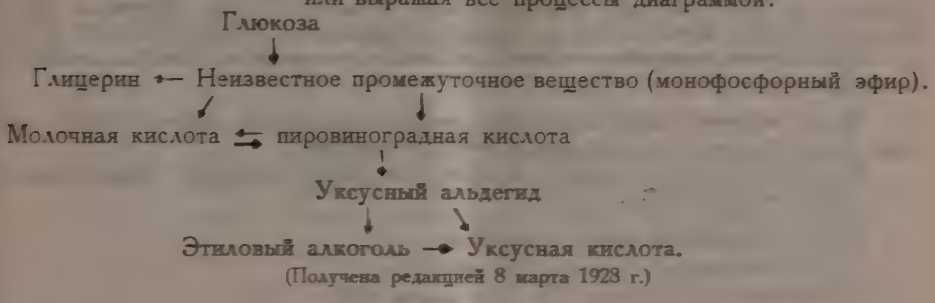
II. Формула Neuberg'a (и Reinfurth) в присутствии сульфитов.

$$C_6H_{12}O_6 = CH_3COH + C_3H_8O_3 + CO_2$$

III. Формула Neuberg'a (и Hirsch'a) в щелочной среде:

$$2\,C_6H_{12}O_6 - H_2O = 2\,C_3H_8O_3 + CH_3COOH - C_2H_5OH + 2\,CO_2.$$

или выражая все процессы диаграммой:



(Получена редакцией 8 марта 1923 г.)

Опыт измерения скорости кристаллизации сахарозы из продуктов свеклосахарного производства.

Инж.-техн. М. И. Нахманович и И. Ф. Зелихман.

Из описанных в предыдущей работе[1]) методов измерения скоростей кристаллизации наиболее удобоприменимым для продуктов сахарного производства является метод, разработанный проф. И. А. Кухаренко, которым по настоящее время получены абсолютные величины скоростей кристаллизации сахарозы из ее чистых растворов различных степеней пересыщения при температурах от 0° до 70° [2]). Выявлены также те изменения, какие претерпевают эти величины, если кристаллизация сахарозы—при 50°—происходит в присутствии некоторых посторонних веществ[3]).

Было бы весьма интересно применить указанный метод к нахождению скоростей кристаллизации сахарозы из различных продуктов свеклосахарного и рафинадного производств и этим, хотя бы в некотором приближении, выяснить степень суммарного влияния, какое оказывают на скорость процесса кристаллизации несахаристые вещества обычных заводских продуктов.

Такого рода работа нами выполнена в кампанию 1926/27 года с продуктами Дерюгинского опытного завода, при чем на первых порах мы ограничились лишь нахождением зависимости между концентрацией несахаров и скоростью процесса, не выясняя влияния вязкости среды и состава несахаров. Опыты ставились при температуре в 70°.

В качестве продуктов, из растворов которых определялась скорость кристаллизации сахарозы, были взяты утфеля I и II кристаллизации и кормовая патока (продукты доброкачественностью около 90, 80 и 70-ти). До определенного, заранее намеченного, пересыщения оба утфеля доводились разжижением водой, количество которой определялось расчетом. Кормовая же патока, для возможности протекания в ней процесса кристаллизации сахарозы при 70°, требовала увеличения количества сахара, приходившегося в ней на единицу воды. Последнее достигалось либо растворением в патоке некоторого

---

[1]) Зик., т. VI, стр. 32.
[2]) В. Ц. П., 1922 и 1923; Зик. т. I и II.
[3]) Зик., т. II, III, IV, и V.

количества сахарной пудры (опыт 10), что вело к повышению доброкачественности раствора, либо удалением части воды путем выпаривания на водяной бане в продолжение 3-х—6-ти часов (опыты 11 и 12). Второй способ увеличения пересыщения мог привести к некоторому понижению доброкачественности продукта, вследствие возможного разложения небольшого количества сахара.

Содержание воды в растворе, приготовленном для кристаллизации, определялось во всех случаях высушиванием в вакуум-сушке. Истинная доброкачественность вычислялась по прямой поляризации. Неорганический несахар найден путем сжигания с серной кислотой и посчитан по Шейблеровскому коэффициенту—0,9.

Число оборотов вала термостата, приводившегося в движение при помощи наливного колеса, составляло 8—10 в минуту.

Результаты опытов сведены в нижепомещенные таблицы. Приведенные в них обозначения таковы:

W—% содержания воды в растворе,

T —% содержания в нем сухих веществ,

P —прямая поляризация (26 гр. в колбе 100 кб. см.),

$Q = 100\,\frac{P}{T}$ — истинная доброкачественность раствора,

N_s —несахар общий,

N_a —несахар неорганический (сернокислый минус 10%),

$N_0 = N_s - N_a$ — несахар органический,

$L_0 = 100\frac{P}{W}$ — содержание сахара в 100 частях воды раствора, вычисленное по результатам анализа,

L_1 —то же в насыщенном чистом сахарном растворе при 70° (по таблице Herzfeld'a) = 320,5

L —то же в насыщенном растворе данного продукта, определенное нами экспериментально,

$K_1 = \frac{L_0}{L_1}$ — коэффициент пересыщения данного раствора по сравнению с чистым сахарным раствором при данной температуре,

$K = \frac{L_0}{L}$ — действительный коэффициент пересыщения продукта при данном комплексе несахаров и температуре в 70°,

№ —№ кристалла,

M_1—вес кристалла до опыта, в гр.,

M_2—вес кристалла после опыта, в гр.,

$M = \frac{M_1 + M_2}{2}$ — средний вес кристалла за время опыта,

$\triangle M$—количество сахара, выкристаллизовавшегося на поверхности кристалла, в мгр.,

$s = 4{,}12\sqrt[3]{M^2}$ — средняя поверхность кристалла в кв. мт. (4,12—коэффициент, найденный для кристаллов сахарозы проф. И. А. Кухаренко)

t — продолжительность пребывания кристалла в растворе, в минутах,

$\eta = \frac{\triangle M}{s \cdot t}\ \frac{\text{мгр.}}{\text{кв. мт.} \times \text{мин.}}$ — скорость кристаллизации.

Скорость кристаллизации сахарозы из растворов доброкачественности ~ 91—93 (опыты 1—6) $L = 330{,}1$.

Опыт 1.

Состав раствора.

W	T	P	Q	L_0	K_1	K
21,31	78,69	71,48	90,84	335,4	1,046	1,016

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg η	η
16	6,2417	6,2732	6,2575	31,5	$\bar{3}$,14656	103	2,33891	218
15	6,6492	6,6810	6,6651	31,8	$\bar{3}$,16480	104,5	2,31851	208
6	5,6428	5,6762	5,6595	33,4	$\bar{3}$,11760	106	2,38084	240

Средняя скорость . . . 222

Опыт 2.

Состав раствора.

W	T	P	Q	L_0	K_1	K
20,49	79,51	72,15	90,74	352,1	1,099	1,067

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg η	η
12	4,3035	4,4845	4,3940	181,0	$\bar{3}$,04348	118	3,14232	1388
13	4,4355	4,6074	4,5215	171,9	$\bar{3}$,05176	116	3,11906	1316
23	2,3842	2,5285	2,4564	144,3	$\bar{4}$,87510	120	3,20499	1604

Средняя скорость . . . 1436

Опыт 3.

Состав раствора.

W	T	P	Q	L_0	K_1	K
20,53	79,47	73,60	92,61	358,5	1,119	1,086

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg η	η
10	3,0944	3,3732	3,2338	278,8	$\bar{4}$,95470	136,5	3,35546	2267
21	1,8000	2,0085	1,9043	208,5	$\bar{4}$,80140	138,5	3,37626	2378
23	2,0618	2,2888	2,1753	227,0	$\bar{4}$,85226	135	3,37344	2363

Средняя скорость . . . 2336

Опыт 4.

Состав раствора.

W	T	P	Q	L_0	K_1	K
20,48	79,52	74.30	93,43	362.8	1,132	1,099

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg τ_i	τ_i
1	8.2146	8 7012	8.4579	486.6	$\bar{3}$.23308	111,5	3,40682	2552
2	7.4644	7.9070	7.6857	442 6	3.20536	108.5	3,40522	2542
3	7.3840	7.8360	7.6100	452,0	3 20248	114	3,39576	2487

Средняя скорость 2527

Опыт 5.

Состав раствора.

W	T	P	Q	N_1	N_2	N_3	L_0	K_1	K
18,94	81,06	74,80	92,28	6,53	1.82	4,71	394.9	1,232	1,197

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg τ_i	τ_i
11	5,3138	5,7952	5,5545	481.4	$\bar{3}$,11134	92	3,60738	4049
12	3.0058	3 3353	3,1705	329,5	$\bar{4}$.94898	90	3,60464	4024
13	3.1794	3.5090	3.3442	329.6	4.95444	90	3.59931	3975
14	5.0758	3 5404	5 3081	464.6	3.09820	92	3,60509	4028

Средняя скорость 4019

Опыт 6.

Состав раствора.

W	T	P	Q	L_0	K_1	K
18,67	81.33	74,80	91,97	400,6	1.250	1.214

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg τ_i	τ_i
16	4.4008	4.6588	4.5288	258.0	3.05222	54	3.62701	4237
18	5.4430	5.7354	5.5892	292.4	$\bar{3}$.11314	53	3 62856	4252
20	2.3310	2.4984	2.4147	167,4	$\bar{4}$.87014	53	3,62934	4259

Средняя скорость 4249

Скорость кристаллизации сахарозы из растворов доброкачественности ~ 80 (опыты 7—9) L = 336,5.

Опыт 7.

Состав раствора.

W	T	P	Q	N_s	N_a	N_0	L_0	K_1	K
18,96	81,04	64,85	80,02	16,19	5,26	10,93	342,0	1,067	1,016

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg η_i	η_i
17	5,0218	5,0376	5,0297	15,8	$\bar{3}$,08260	86	2,18156	152
20	2,8704	2,8810	2,8757	10,6	$\bar{4}$,92072	86	2,17009	148

Средняя скорость . . . 150

Опыт 8.

Состав раствора.

W	T	P	Q	N_s	N_a	N_0	L_0	K_1	K
18,12	81,88	66,0	80,66	15,88	5,32	10,56	364,2	1,136	1,082

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg η_i	η_i
5	6,6876	6,7513	6,7195	63,7	$\bar{3}$,16646	80	2,73479	543
10	2,9538	2,9900	2,9719	36,2	$\bar{4}$,93026	79	2,73082	538
16	5,1894	5,2466	5,2180	57,2	$\bar{3}$,09324	80,5	2,75836	573

Средняя скорость . . . 551

Опыт 9.

Состав раствора.

W	T	P	Q	N_s	N_a	N_0	L_0	K_1	K
15,86	84,14	67,15	79,81	16,99	5,47	11,52	423,4	1,321	1,258

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg η_i	η_i
11	6,4482	6,5354	6,4918	87,2	$\bar{3}$,15648	47	3,11196	1294
13	3,9648	4,0342	3,9995	69,4	$\bar{3}$,01624	49	3,13492	1364
15	5,6108	5,6900	5,6504	79,2	$\bar{3}$,11628	47	3,11035	1289

Средняя скорость . . . 1316

Скорость кристаллизации сахарозы из растворов доброкачественности 69—72 (опыты 10—12) L = 346,1

Опыт 10.

Состав раствора.

W	T	P	Q	N_s	N_a	N_0	L_0	K_1	K
17,28	82,72	59,8	72,29	22,92	8,72	14,20	346,1	1,080	1,00

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg η	η
13	4,1814	4,1870	4,1842	0,0056	$\bar{3}$,02930	290	1,25649	18,05
14	6,4394	6,4462	6,4428	0,0068	$\bar{3}$,15428	287	1,22035	16,6
15	5,9126	5,9198	5,9162	0,0072	$\bar{3}$,12960	287	1,26985	18,6

Средняя скорость . . . 17,75

Опыт 11. *Состав раствора.*

W	T	P	Q	N_s	N_a	N_0	L_0	K_1	K
13,39	86,61	60,80	70,20	25,81	9,15	16,66	454,1	1,417	1,312

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg η	η
4	4,9670	5,0156	4,9913	48,6	$\bar{3}$,08048	183	2,34371	220
6	2,3366	2,3742	2,3554	37,6	$\bar{4}$,86294	185	2,44508	278
7	3,7418	3,7890	3,7654	47,2	$\bar{4}$,99878	187	2,40332	253

Средняя скорость . . . 250

Опыт 12. *Состав раствора.*

W	T	P	Q	N_s	N_a	N_0	L_0	K_1	K
12,75	87,25	60,0	68,77	27,25	9,23	18,02	470,6	1,468	1,360

Результаты опыта.

№№	M_1	M_2	M	ΔM	lg s	t	lg η_i	η_i
10	3,4595	3,4988	3,4741	39,3	$\bar{4}$,98546	153	2,42424	266
20	3,2601	3,2994	3,2797	39,3	$\bar{4}$,95878	156	2,44249	277
21	2,1018	2,1285	2,1151	26,7	$\bar{4}$,83178	159	2,39333	247

Средняя скорость . . . 263

На основании результатов всех этих опытов вычерчена диаграмма 1, где по оси абсцисс отложены коэффициенты пересыщения, а по оси ординат—скорости кристаллизации. Сплошные линии выполнены по фактическому пересыщению раствора (K), пунктирные—по $Ki = \frac{L_0}{L_1}$. Кривая II соответствует

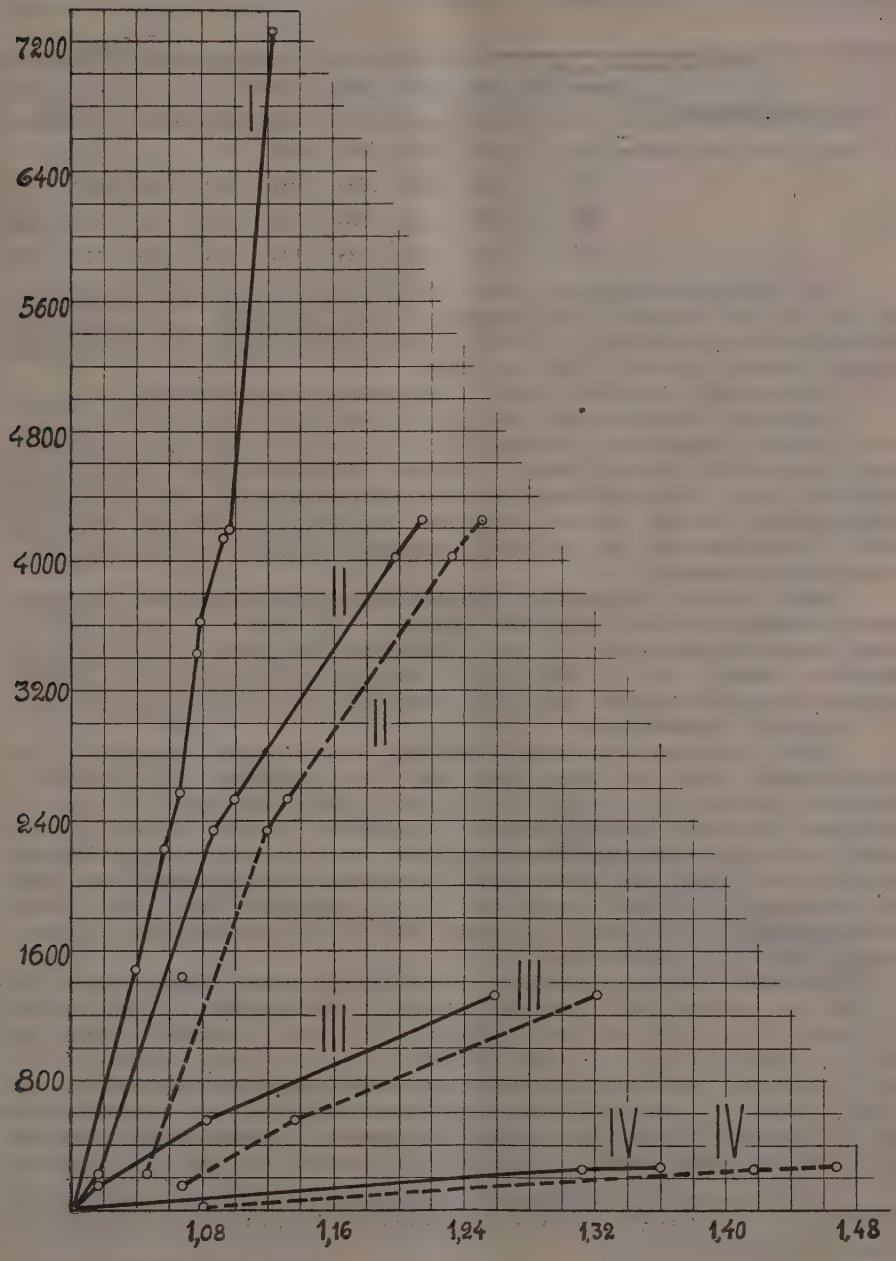


Диаграмма 1.

раствору с доброкачественностью ~ 92, III — раствору с $Q \cong 80$, IV — с Q около 70. Кривая I составлена для растворов чистой сахарозы[1]).

По кривым диаграммы 1 находим скорости кристаллизации сахарозы при одних и тех же пересыщениях из продуктов различной доброкачественности. Данные, полученные таким путем—по фактическому пересыщению продукта $\left(K = \frac{L_0}{L}\right)$, — приводятся в таблице 1.

Таблица 1.

Скорости кристаллизации \ Коэффициенты пересыщения (K)	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24
при Q раствора, равном 100	1120	2360	4050	6900	—	—	—	—
„ „ „ „ 92	620	1540	2390	2850	3300	3750	4180	—
„ „ „ „ 80	235	415	580	710	840	975	1105	1235
„ „ „ „ 70	40	65	85	105	125	150	170	192

Для большей наглядности то же представлено в виде диаграммы 2, где по оси абсцисс отложены доброкачественности растворов, а по оси ординат—скорости кристаллизации. Коэффициенты пересыщения, соответствующие каждой кривой, обозначены на диаграмме.

Приведенные результаты дают возможность констатировать следующее.

Увеличение концентрации несахаров в заводских продуктах резко понижает скорость кристаллизации сахарозы из растворов этих продуктов. В пределах полученных пересыщений и в условиях опыта, скорость кристаллизации сахарозы из всех испытывавшихся растворов возрастает по мере увеличения пересыщения, но темп такого ускорения процесса при высоких пересыщениях и в особенности для продуктов меньшей доброкачественности, носит замедленный характер.

Таким образом, ускоряющее действие высоких пересыщений на процесс кристаллизации наиболее рельефно выступает при работе с продуктами высокой доброкачественности. По мере понижения последней, ускорение выявляется все менее, так что выгодность высоких пересыщений при кристаллизации продуктов низкой доброкачественности, как показывают опыты 11 и 12, становится сомнительной.

Однако, последнее положение вытекает из результатов описанных здесь лабораторных опытов не столь резко, как того следовало бы ожидать на основании имеющихся в литературе указаний, вызванных наблюдениями над заводским процессом кристаллизации в мешалках. Принято считать, что высокие пересыщения низкодоброкачественных продуктов, увеличивая вязкость последних, не только не способствуют ускорению кристаллизации, но, пожалуй, замедляют ее. Такое замедление скорости кристаллизации нами не было констатировано даже при наивысшем из взятых пересыщений наиболее низкодоброкачественного продукта.

Возможно, конечно, допустить, что в условиях наших лабораторных опытов еще не достигнуты те пределы высоких пересыщений и концентрации несахаров, которые обусловливают собою отмеченное практикой замедление кристаллизации. Однако, не менее вероятно и то, что здесь сказывается довольно большое различие в условиях роста кристаллов при постановке описанных опытов—с одной стороны, и при заводском процессе в мешалках—с другой. В первом случае производится наращивание крупных кристаллов, непрерывно перемещающихся в растворе, превосходящем вес последних не

[1]) И. А. Кухаренко и М. Э. Веркентин: „Материалы к изучению скорости кристаллизации сахарозы", Зик., т. II, стр. 284; для удобства сопоставления коэффициенты пересыщения пересчитаны по формуле $K = \frac{P}{W.L_1}$

менее, чем в 40 раз; здесь условия благоприятны для максимального устранения влияния диффузии на скорость процесса, чего, конечно, нельзя сказать об условиях кристаллизации густой утфельной массы в мешалках. В связи с этим представляют большой интерес наблюдения над скоростью заводского процесса и сопоставление последней с результатами лабораторных опытов.

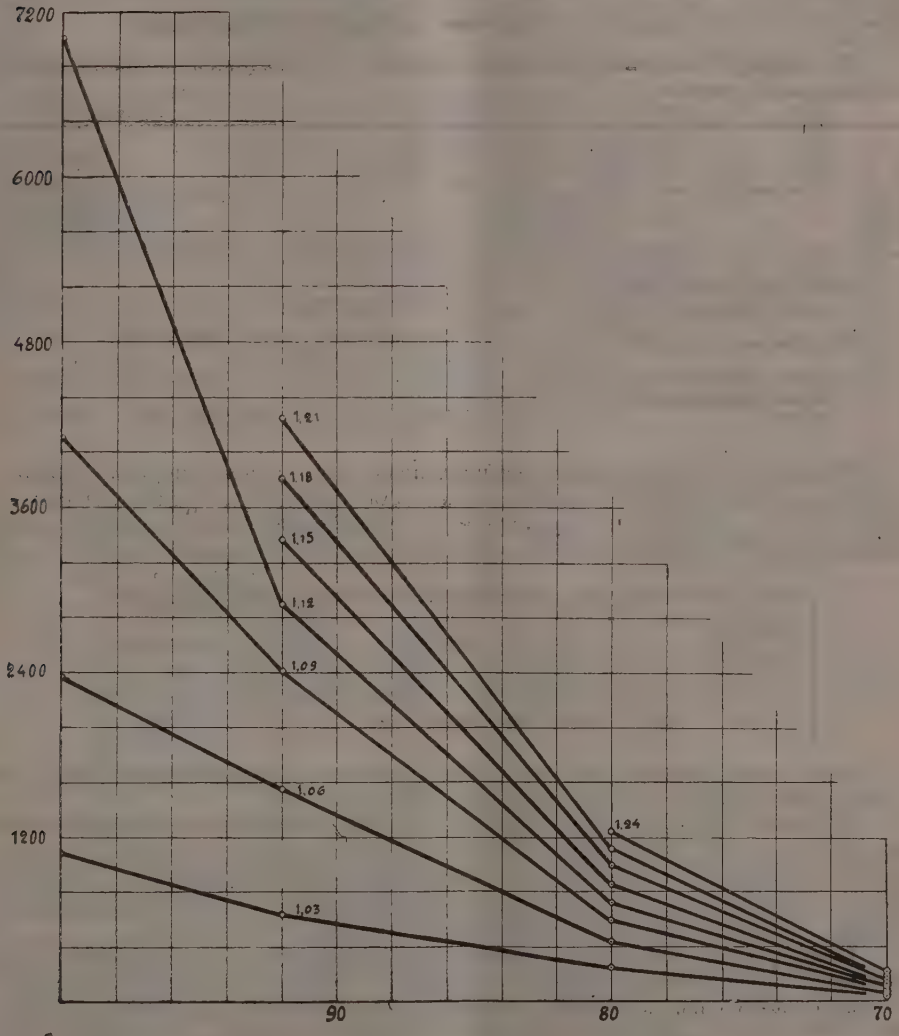


Диаграмма 2.

Наблюдения над кристаллизацией в мешалках I и II продукта. Производились они одновременно с лабораторными опытами на том же Дерюгинском опытном заводе. Основной целью этих наблюдений было определение пересыщений, имевших место в кристаллизаторах при рядовой заводской работе, порядок которой нами не изменялся. Раскачка утфеля патокой производилась, по мере надобности, работниками смены; нами при этом лишь фиксировались время, количество, температура и доброкачественность патоки, а также температура утфеля.

Пробы последнего, как для анализа, так и для отделения от него межкристаллического оттека, брались для данной мешалки всегда в одном и том же месте. Межкристаллный оттек отсасывался разрежением через очень густое сито из прибора, снабженного водяной рубашкой. Анализ заключался в определении содержания сухих веществ высушиванием в вакуум-сушке и сахара прямой поляризацией. Коэффициенты пересыщения вычислены по формуле $K_1 = \frac{L_0}{L_1}$, т. е., по сравнению с чистыми насыщенными растворами.

В таблицу 2 внесены некоторые данные, относящиеся к наблюдению над мешалкой утфеля I.

Таблица 2.

№№ по порядку	Название продукта	После спуска аппарата часов	Температура утфеля	W	T	P	Q	L_0	L_1	K_1	% кристал. в мешалке $100\frac{P_y - P_0}{100 - P_0}$
1	Проба утфеля после раскачки в мешалке . . .	8,5	69	9,14	90,86	85,05	93,60	—	—	—	54,28
2	Межкристаллн. оттек .	8,5	69	19,51	80,49	67,30	83,61	345	316	1,091	—
3	То же — незадолго до окончания фуговки мешалки.	14	55	21,58	78,42	63,75	81,29	295,4	273	1,082	58,76

Скорости кристаллизации,—вычисленная для данного периода наблюдения и „теоретическая“, определенная для средней доброкачественности оттека и его среднего пересыщения по результатам наших лабораторных опытов при 70°,—сопоставлены в последних графах таблицы 3.

Таблица 3.

Продолжительность периода—часов	Средние			ΔP	S	Скорость кристаллиз.	
	t^0	Q	K_1			вычислен. $\frac{\Delta M \cdot 1000}{S \cdot t \cdot 60}$	„теоретич.“ при 70°
5,5	62	82,45	1,086	4480	260	52	480

Результаты наблюдений над ходом процесса кристаллизации утфеля II в заводской мешалке сведены в таблицу 4 на стр. 119.

Скорость кристаллизации сахарозы в этих условиях посчитана по отдельным периодам. При определении средней поверхности кристаллов мы исходили из того, что 1 гр. кристаллического сахара, полученного из этого утфеля по окончании процесса кристаллизации, содержит 3400 кристалликов. Сводка результатов пересчета приведена в таблице 5 на стр. 119.

Приведенные результаты значительно расходятся с полученными при постановке лабораторных опытов, но, так как количества наших наблюдений, производившихся над заводским процессом, недостаточно, мы нашли возможным использовать для сопоставления с „теоретическими“ величинами скоростей данные работы Claassen'a [1])—наиболее полной и обстоятельной из опубликованных по вопросу о кристаллизации в мешалках 1-го продукта.

Указанный автор подверг наблюдению семь отдельных варей утфеля с разным содержанием воды и различной степенью пересыщения межкристаллического оттека. Скорость охлаждения утфеля в отдельных опытах регулировалась искусственно, вследствие чего падение температуры массы втечение первых шести часов, составившее в одном случае 17°, понизилось в другом лишь на 3,5°.

[1]) Zeit. d. Ver., 1897, 799.

Таблица 4.

№№ по порядку	Название продукта	№№ проб, взятых из мешалки	После спуска аппарата—часов	Температура в мешалке	W	T	ρ	Q	L_0	L_1	K_1	% кристалл. в мешалке $100\frac{P_y-P_0}{100-P_0}$	Всего продукта в м-ц.
1	Утфель при спуске .	1	1	81,5	7,03	92,97	74,45	80,08					226
2	Межкристалл. оттек	1	1	81,5	11,65	88,35	59,45	67,29	510,8	368,5	1,39	36,99	
3	„ „	2	14	71	12,61	87,39	56,95	65,17	451,6	324	1,39	40,65	
4	„ „	3	26	65	12,60	87,40	54,65	62,53	433,7	303	1,43	43,66	
5	„ „	4	37	58	12,80	87,20	53,6	61,47	418,8	281	1,49	44,94	
6	Патока, взятая на раскачку [1] . . .		39	58		69,4 [2]	44,15	63,62	144,3	281	0,51	—	11
7	Утфель после раскачки	5	48,5	53,5	8,30	91,70	72,75	79,33	—	—	—		237
8	Межкристалл. оттек	5	48,5	53,5	14,38	85,62	52,60	61,43	365,8	268,5	1,36	42,26	
9	„ „	6	65	47	14,99	85,01	51,50	60,58	343,6	253	1,36	43,80	
10	Патока на 2-ую раскачку [3]		87	42		73,03 [2]	49,40	67,64	183,2	242	0,76	—	6,5
11	Утфель после 2-ой раскачки	7	108,5	41,5	8,79	91,21	71,80	78,72					243,5
12	Межкристалл. оттек	7	108,5	41,5	16,34	83,66	51,50	61,55	315,2	241	1,31	41,86	
13	„ „	8	130	38	16,03	83,97	50,90	60,62	317,5	234	1,36	42,56	

Таблица 5.

№№	Продолжительность периода—часов	Температура		Средние			Δρ	S	Скорость кристаллизации	
		в начале	в конце	t^0	Q	K_1			вычисленн. $\frac{\Delta M \cdot 1000}{S \cdot t \cdot 60}$	„теоретич." при $t = 70^0$ и $Q \geqq 70$
1	14	81,5	71	76	66,2	1,39	3660	249	**17,5**	**230**
2	12	71	65	68	63,85	1,41	3010	261	**16**	**240**
3	11	65	58	61,5	62,0	1,46	1280	271	7	260
4	16,5	53,5	47	50	61,0	1,36	1540	249	6	—
5	21,5	41,5	38	40	61,1	1,34	700	261	2	—

Для определения действительной скорости кристаллизации сахарозы, имевшей место в указанных мешалках (по формуле $\eta = \frac{\Delta M}{s \cdot t}$), в целях сопоставления ее с теми скоростями, которые получены нами в приведенных опытах, необходимо было, кроме цифр, опубликованных Claassen'ом, иметь также данные об общей поверхности кристаллов сахара, содержавшихся в мешалке в каждый данный момент, или—о средней поверхности их за определенный период кристаллизации. Исходя из того, что 1 гр. кристаллического сахара по окончании процесса в мешалке (при фуговке утфеля) содержит, в среднем, 1550 кристаллов, мы определяли общую поверхность кристаллического сахара, содержащегося в 100 кгр. утфеля, по формуле

$$s = 4{,}12 \sqrt[3]{m^2} \cdot n \cdot 10^{-4} \text{ кв. мт.},$$

где n—количество кристаллов в 100 кгр. утфельной массы; m—средний для данного промежутка времени вес одного кристалла в гр.

[1]) Температура ее оказалась равной 70°.
[2]) Рефрактометром.
[3]) Температура = 78°.

С результатами лабораторных опытов нами сопоставлены данные Claassen'a лишь за период наиболее интенсивного хода кристаллизации, за первые 6 часов. На протяжении этого периода доброкачественность межкристаллного оттека для различных опытов колебалась в пределах 74—77; „теоретические" скорости кристаллизации для этих доброкачественностей могли быть получены, как промежуточные, из величин, найденных экспериментально, путем составления вспомогательных таблицы и диаграммы, аналогичных таблице 1 и диаграмме 2, но при коэффициенте пересыщения $K_1 = \frac{L_0}{L_1}$ [1]).

Все основные данные, характеризующие ход процесса в мешалках Claassen'a, приведены в таблице 6.

Таблица 6.

№№ опытов	W утфеля	% кристаллического сахара: вначале	% кристаллического сахара: через 6 часов	$K_1 = \frac{L_0}{L_1}$: вначале	$K_1 = \frac{L_0}{L_1}$: среднее за 6 час.	Температура: начальная	Температура: через 6 часов	Среднее: падение t^0 в 1 час	Среднее: Q оттека	S	Скорость кристаллизации $\gamma_1 = \frac{\Delta M \cdot 1000}{S \cdot t \cdot 60}$	Скорость кристаллизации: „теоретич." при 70°	Характер процесса охлаждения—по Claassen'y
1	8,5	46,5	50,6	1,08	1,08	82	71	1,8	77,2	245,9	46	150	Очень сильное
2	8,3	47,2	49,9	1,16	1,16	79	75	0,7	78,2	243,2	31	550	„ медленное
3	8,1	49,1	53,7	1,10	1,09	83	66	2,8	76,9	254,8	50	200	„ быстрое
4	7,6	50,0	52,8	1,32	1,27	74	70,5	0,5	77,6	252,0	27	870	Медленное
5	7,3	50,6	53,5	1,11	1,11	81	75	1,0	75,9	255,0	32	250	Умеренноскорое
6	6,6	53,9	56,6	1,05	1,06	85	76	1,6	74,8	269,2	30	—	„ „
7	6,1	53,9	57,8	1,16	1,21	85	70	2,5	74,0	273,7	40	410	Быстрое

Примечания: 1. Доброкачественность утфелей во всех случаях составляла около 90.
2. Из опыта 4 взят период в $6^3/_4$ часа, из опыта 6—в $5^1/_2$ часов.

Рассматривая цифры двух предпоследних граф таблицы 2, мы видим, как значительна разница между фактической скоростью кристаллизации, имеющей место в заводских мешалках, и той, какая получается при близких температурных условиях в продуктах такой же доброкачественности, но в результате лабораторных опытов.

Чтобы выяснить в какой степени влияет на выведенные величины наше допущение о средней величине кристаллов сахара в наблюдавшихся Claassen'ом мешалках, были сделаны некоторые пересчеты в отношении одного из опытов (№ 1). Результаты этих пересчетов приведены в таблице 7.

Таблица 7.

№№ по порядку	Число кристаллов в 1 гр. сахара	Средний вес кристалла: в гр.	Средний вес кристалла: в % от ранее принятого	Общая поверхность кристаллов в 100 кгр. утфеля	Вычисленная γ_1: в $\frac{\text{мгр.}}{\text{кв.м.} \times \text{мин.}}$	Вычисленная γ_1: в %-ах от результатов табл. 2
1	1100	0,00090	70	220,3	51,7	112
2	1550	0,00065	100	245,9	46,3	100
3	2200	0,00045	140	277,6	41	89

Как видно из полученных данных, большое изменение размеров кристалла сравнительно мало отражается на величине вычисленной скорости кристаллизации и, следовательно, не в этом следует искать причины расхождения величин скоростей процессов в заводской мешалке и лабораторной установке.

[1]) Вспомогательные таблицу 1а и диаграмму 2а мы считаем возможным здесь опустить. Авторы.

Таким образом, сопоставление результатов лабораторных исследований со всеми приведенными здесь результатами наблюдений над заводским процессом кристаллизации утфелей в мешалках обнаруживает крайнюю замедленность последнего.

Это явление было недавно отмечено Б. Г. Савиновым [1]), сделавшим из него тот вывод, что „вопреки мнению Bock'a теоретически не представляет никакой опасности охлаждение утфелей в ∞ 34 раза [2]) быстрее того времени, которое в настоящее время считается „нормальным", так как имеющаяся в утфеле поверхность кристаллов в состоянии отложить на себе при заданных условиях в единицу времени гораздо больше того количества сахара, которое воспринимается этой поверхостью при так называемой „нормальной" продолжительности охлаждения".

Но так как на практике осуществление ускоренного охлаждения обычно вызывает образование вторичных кристаллов—„муки", Б. Г. Савинов указывает, что одним из условий устранения указанного явления должно быть „конструктивное совершенство мешалок, которое позволяло бы хорошо перемешивать и во всех слоях хорошо охлаждать кристаллизующуюся массу".

Основная причина расхождения „теоретических" и „практических" скоростей кристаллизации заключается, по нашему мнению, не в медленном охлаждении кристаллизующейся массы, так как из всех приведенных наблюдений, как наших, так и Claassen'a, видно, что скорость кристаллизации остается малой, несмотря на наличие нередко довольно значительного пересыщения. Если, например, скорость кристаллизации наблюдавшегося нами II продукта составляла ничтожно малую величину, то это происходило не из-за отсутствия пересыщающего сахара, который мог бы быть воспринят поверхностью кристаллов утфеля, ибо коэффициент пересыщения оставался довольно высоким (1,4) втечение всего времени кристаллизации. Очевидно, охлаждением утфеля здесь делу помочь нельзя. Центр тяжести заключается в какой-то иной причине, замедляющей процесс роста утфельных кристаллов.

Если мы примем, в согласии с мнением Marc'a и Wenk'a [3]), что на наружной поверхности кристаллов, в адсорбированном слое, посторонние вещества (красящие, а также другие несахара), содержащиеся в наших утфелях в достаточном количестве, вытесняют кристаллизующееся вещество,—в данном случае сáхарозу,—и, таким образом, являются основным фактором, задерживающим кристаллизацию, то в этом отношении кристаллы, подвергавшиеся наращиванию в лабораторных условиях, и кристаллы в заводских мешалках, находились в одинаковых условиях.

Поэтому, если не единственной, то главнейшей причиной, замедляющей кристаллизацию, следует считать вязкость маточных сиропов, обусловливающую медленное диффундирование молекул пересыщающего сахара к поверхности кристаллов. Именно в этом последнем отношении условия лабораторных опытов и заводской практики резко расходятся.

Поэтому, ускорение процесса кристаллизации, по нашему мнению, следует начинать *с реконструкции кристаллизаторов*, и лишь по мере устранения задерживающего влияния диффузии возможно в той или иной степени введение ускоренного охлаждения утфеля; при этом не следует упускать из виду, что некоторые продукты выгоднее кристаллизовать при высших температурах и сравнительно невысоких коэффициентах пересыщения, нежели наоборот.

---

[1]) Зик, т. IV, стр. 131.

[2]) После исправления ошибки в расчетах, допущенной в „Энциклопедии" проф. М. Д. Зуева (т. IV, стр. 195), прирост кристаллического сахара в приведенном им случае составит 1,55%, вследствие чего средняя скорость кристаллизации в мешалке окажется равной 27,2. Таким образом, указанное соотношение выразится не 34-мя, а $\frac{582}{27,2} = 21$.

[3]) Zeit. f. Phys. Ch., 68, 104.

Результаты настоящей работы могут быть кратко формулированы следующим образом.

1. Суммарное влияние несахаров исследованных продуктов свеклосахарного производства на скорость кристаллизационного процесса выразилось в значительном его замедлении—тем бóльшем, чем ниже доброкачественность продукта. Так, сравнительно с чистыми сахарными растворами, скорость кристаллизации, в пределах взятых пересыщений, оказалась пониженной для продуктов

доброкачественностью 92 — в 1,5—2,5 раза
„ 80 — „ 5 —10 „
„ 70 — „ 30 —65 „

2. С ростом фактического пересыщения растворов (за исключением наименее доброкачественного) возрастала и скорость кристаллизации, но ускоряющее влияние пересыщения ослабевало по мере повышения концентрации несахаров.

3. Рост кристаллов в условиях описанных лабораторных опытов происходил значительно интенсивнее, чем в условиях заводской практики, что, по нашему мнению, следует приписать, главным образом, задерживающему влиянию диффузии на ход кристаллизации утфеля в мешалках. Перемешивание утфельной массы в обычных современных кристаллизаторах крайне несовершенно: происходит лишь перемещение более или менее значительных утфельных комьев, мало ускоряющее диффузию; влияние последней сказывается тем сильнее, чем гуще утфельная масса и чем более пересыщен межкристальный сироп.

Очевидно, на конструктивное усовершенствование заводских кристаллизаторов должно быть обращено весьма серьезное внимание.

4. Оставляя открытым вопрос о возможности достижения в производственных условиях скоростей кристаллизации, равных полученным при постановке лабораторных опытов, мы нисколько не сомневаемся в возможности значительного ускорения процесса кристаллизации утфелей, крайне медленно протекающего в современных кристаллизаторах; последние мало достигают цели устранения замедляющего действия диффузии.

(Получена редакцией 3 апреля 1928 г.)

Ускоренная кристаллизация рафинадного утфеля в филаузе.[1)]

М. Я. Дегтяр.

(Экспериментальное исследование).

Не подлежит сомнению, что наиболее важными и основными процессами при рафинировании сахара-песка являются процессы кристаллизации.

Не считая кристаллизации промежуточных продуктов—лумпа, I и II подлумпов, а также бастра, протекающих в условиях, аналогичных условиям работы свеклосахарных заводов, нужно отметить, что правильно проведенная кристаллизация рафинадного утфеля является главным фактором равномер-

[1)] Главная часть работы по проведению, по нашему поручению и под руководством, экспериментальной части и по аналитическому исследованию продуктов принадлежит студенту-стажеру Смелянского Техникума М. С. Сороцкому, проявившему ясное понимание основных процессов рафинирования, чрезвычайную аккуратность и большую добросовестность, гарантировавшие накопление приводимых ниже данных, что, обычно, так трудно выполнимо в условиях повседневной производственной работы. Приводимый в статье цифровой материал взят из выполненной им же на Шепетовском рафинадном заводе дипломной работы.

ности пробеливания утфеля на столах, высушивания в сушках Пассбурга, а также одним из основных условий получения белого, красивого в расколе, плотного, мелкокристалличного и крепкого рафинада, удовлетворяющего требованию потребителя, который вследствие низкого уровня своего экономического состояния еще долго, в противоположность потребителю богатых промышленных стран, будет требовать рафинад, по крепости не уступающий граниту, игнорируя мягкий рафинад или попросту рафинированный песок, давно уже приобревший заграницей права гражданства.

Кристаллизация рафинадного утфеля может быть разделена на три основных части:

1. Кристаллизация в вакуум-аппарате,
2. Кристаллизация в филаузе, и
3. Кристаллизация на этажах.

От того, насколько правильно протекают перечисленные процессы, зависит выход рафинада, количество возвратов в виде брака, количество продуктов, выход продажной патоки и тесно связанный с перечисленным расход на единицу готового продукта рабочей силы и топлива, составляющих существенные статьи расхода по рафинировке сахарного песка.

Рафинадное производство, в силу ряда объективных причин, первоисточник коих нужно искать в недавнем капиталистическом прошлом, по справедливости должно быть отнесено к числу технически отсталых отраслей промышленности. И для пытливого ума сахаро-рафинадных техников, работающих в современных советских условиях, широко открывающих дорогу к техническому прогрессу и в значительной мере обеспечивающих реализацию этого прогресса, открывается чрезвычайно благодарное поле непочатой работы.

Темой нашей статьи мы избрали кристаллизацию рафинадного утфеля в филуазе, с момента разливки его и до начала пробеливания, будь то на светлых сушках — „на столах“, или в центрофугах — „центрофугальной“ пробелки заливочным клерсом.

То обстоятельство, что „рулевание“ и дальнейшее охлаждение вплоть до дачи первой и последующих заливок на светлых сушках проводится чрезвычайно неодинаково, как с точки зрения температурных условий (температура филауза колеблется от 30° до 50°), так и с точки зрения продолжительности пребывания залитого в формы рафинадного утфеля в филаузе до подъемки (от 6 до 12 часов), промежутка времени от подъемки до дачи первой заливки (от 4 до 12 часов), и последующих (от 4 до 6 часов), при температуре помещения (от 40 до 55°), говорит с достаточной убедительностью об отсутствии единых твердых, освященных практикой и подкрепленных научными доводами, методов работы и свидетельствует о том, что вопросы кристаллизации в рафинадном производстве недостаточно глубоко проанализированы, а в некоторых случаях и недостаточно усвоены руководителями технологических процессов в рафинировании сахарного песка.

В нашу задачу входит найти оптимальные условия, при которых являлось бы возможным в возможно короткий срок получение высокого качества рафинада при наименьших потерях и при возможно низких температурных условиях, гарантирующих минимальное разложение сахара в процессе кристаллизации и более легкие, с точки зрения охраны труда, условия для труда рабочих.

Задание, которое ставит себе в своей повседневной практике страна — максимальное снижение себестоимости единицы выпускаемой предприятием продукции при высоком качестве ее, также находится в тесной прямой зависимости от правильного протекания кристаллизации рафинадного утфеля, от длительности означенного процесса, наконец, и от температурных условий, установившихся в практике того или иного рафинадного завода.

Объектом данной статьи является выявление наиболее рациональных условий кристаллизации рафинадного утфеля в филаузе.

Как известно, для получения рафинада плотного, красивого в изломе, большой сопротивляемости раздроблению, т. е. чрезвычайно крепкого, с большим выходом по сваренному утфелю, необходимо соблюдение следующих требований в отношении сварения рафинадного утфеля: высокая температура спуска, высокое содержание сухих веществ, возможно низкая температура утфеля перед началом пробеливания.

Кроме того, нужно отметить незначительное влияние на крепость рафинада количества оставляемого в голове клерса „носка", засушиваемого в сушках Пассбурга, и влияющего количеством своим на плотность, удельный вес рафинада, очень часто смешиваемые с сопротивляемостью раздроблению—крепостью.

Высокая температура спуска и низкая температура разливной обусловливают кристаллизацию сахарозы в головных формах. И чем больше разность температуры спуска утфеля и температуры филауза, тем дальше пойдет кристаллизация, тем больше выкристаллизуется сахара и тем крепче будет готовый продукт—рафинад.

Высокое содержание в сваренном утфеле сухих веществ, или, что то же, минимальное содержание воды обусловливают минимум растворенного в невыварен ной воде сахара—представляющего межкристаллную патоку—раствор сахара, насыщенный при температуре спуска, и долженствующий выкристаллизоваться в филаузе в процессе охлаждения путем, с одной стороны, понижения температуры и, с другой стороны, путем дальнейшего испарения воды.

Попробуем иллюстрировать степень кристаллизации в филаузе в зависимости от температуры спуска и филауза, а также содержания сухих веществ в утфеле при спуске:

Температура спуска . . . . . 100^0
„ филауза . . . . . 30^0
Содержание воды в утфеле 7,0%

Пользуясь известной таблицей Герцфельда о растворимости сахара в воде при различных температурах, находим, что в филаузе, в результате остывания, должно выкристаллизоваться следующее определенное количество сахарозы:

Растворено сахара при 100^0 . . . . $4{,}87 \times 7{,}0 = 34{,}09\%$
„ „ „ 30^0 . . . . $2{,}19 \times 7{,}0 = 15{,}33\%$
Дополнительно выкристаллизовалось . . . . $= 18{,}76\%$

Но вся наша беда в том, что рафинадный утфель после рулевания и восьмичасового остывания в разливной далеко еще не принимает температуры филауза, а имеет при подъемке голов на столы среднюю температуру 65^0 и, таким образом, содержание растворенного сахара в нем составляет:

$$3{,}03 \times 7{,}0 = 21{,}21\%$$

т. е. дополнительно выкристаллизовалось не 18,76%, а всего лишь:

$$34{,}09 - 21{,}21 = 12{,}88\%$$

другими словами, теряем в зеленую патоку от неполноты кристаллизации:

$$18{,}76 - 12{,}88 = 5{,}88\%$$ сахара,

величина, над которой сахарозаводским техникам стоит задуматься.

Означенное обстоятельство побудило нас попытаться создать условия для искусственного ускоренного охлаждения рафинадного утфеля в формах, после того, как заканчивается процесс рулевания.

С этой целью нами выставлялись после рулевки формы с утфелем наружу и затем, уже охлажденные, подвергались сырой обрезке, подъемке на столы и пробелке клерсом, при чем часть голов получала первую заливку непосредственно вслед за установкой голов на столы; остальные, как обычно, через четыре часа, и одновременно же велись наблюдения над пробеливанием не охлажденных голов.

Опыты многократно повторены с одинаковыми каждый раз результатами,

при чем, чем ниже была температура утфеля при пробелке, тем выше был выход сухого рафинада в % по весу утфеля.

Опасения, что пробелка будет неравномерная, что в результате „застуживания“ образуется „мука“, которая повлечет за собой „недобел“, оказались не имеющими под собой основания: сахар получался белый, красивого в изломе строения, более плотный к периферии, по вполне понятным причинам.

Попутно следует отметить, что пробеливание сильно охлажденного утфеля (30—35°) заливочным клерсом (43—45°) усиливает, углубляет дополнительную кристаллизацию на столах за счет сахарозы клерса, а также ведет и к тому, что количество засушиваемого клерса в данном случае влечет не только увеличение удельного веса, но и сопротивляемость раздроблению—крепость рафинада.

Перейдем теперь к описанию экспериментальной части нашей работы.

Нами фиксировались: дата, температура спуска, время отдельных операций, наблюдения за температурой по контрольной головке, вес утфеля, клерса заливочного, паток, вес сухого рафинада, исследовались патоки, определялись физические свойства продажного рафинада.

Условия проведения наблюдения:

Глубина вырезки для клерса . . . . . 30 — 32 мм.
Кашковка не применяется.
Температура филауза . . . . . 30 — 36°
„ светлых сушек и заливочного клерса . . . . . 42 — 44°
Температура наружного воздуха . . . . . 0 — 18°
Плотность заливочного клерса при температуре светлых сушек . . . . . 36,2 — 36,5
Количество заливок 6
Высота „носка“ . . . . . 220 — 240 мм. [1])
Температура утфеля измерялась всегда на глубине . . . . . 150 мм.

Анализируя цифровой материал, приведенный в таблицах, мы придем к следующим выводам:

Таблица 1. Наибольший выход рафинада — 83,8% по весу срезанного утфеля мы имеем в опытах 3-ем и 8-м в случаях самого сильного охлаждения — 36°; характерно и то, что пробеливание на столах потребовало минимального времени — 35 час. 40 мин. в первом случае, когда заливки следовали одна за другой, и 41,30, когда следовали с промежутками в 3 часа. Наименьший же выход рафинада 79,4% по весу срезанного утфеля дает нам опыт 10-й— обычная работа, при чем процесс пробеливания требует максимального промежутка времени — 49 часов 20 мин.

Таблица 2. Первый оттек рассматриваемых опытов 3-го и 8-го дает самые низкие доброкачественности 96,12 — 96,15 против рядовых оттеков за те же смены и опыта 10-го 97,6 — 97,41 — 97,3; замечательно еще и то, что содержание редуцирующих веществ в % инвертного сахара составляет всего лишь 0,10% против 0,19% — 0,27 — 0,24% рядовых оттеков; инвертный же сахар в белой патоке отсутствует, в то время, как в обычных условиях они достигают 0,07 — 0,09%.

Таблица 3. К сожалению, не по всем опытам проделаны исследования физических качеств готового рафинада, но и имеющихся пяти наблюдений достаточно, чтобы убедиться, что рафинад, полученный при помощи ускоренной кристаллизации, выгодно выделяется от такового же, полученного в обычных условиях, особенно резко выпячивается крепость 1150 ф. и скорость таяния — 8,22″ опыта 8-го.

---

[1]) Лишь в опытах 6-м и 7-м носок был 200 мм., что не замедлило отразиться на плотности рафинада.

Таблица 1.

№№ опытов	Температура воздуха	Температура спуска	Температура пробелки	Количество голов	Вес 1 головы в кгр. Утфеля зал.	Вес 1 головы в кгр. Утфеля срез.	Вес 1 головы в кгр. Сух. необработ.	Сухого раф. %%% по весу утфеля зал.	Сухого раф. %%% по весу утфеля срез.	Расх. клерса по весу утф. в %%%	Время в часах и мин., считая спуск за 0 час Охлаждение	Подъемка	Погрузка	Всего на столах	ПРИМЕЧАНИЕ
1	1	102	47	10	19,44	19,22	15,4	77,22	80,1	33,6	2	5	33-50	48-50	1-я и последняя заливки через 4 часа.
2	—10	104	43	10	19,98	19,18	15,48	77,10	80,70	31,68	3	6-45	46-45	40	1-я и последняя заливки через 3 часа.
3	—13	100	36	9	20,35	19,35	16,22	79,8	83,8	36,3	1-50	3-45	39-25	35-40	1-я заливка вслед за подъемкой, последняя одна за другой.
4	— 6	99	39	5	20,84	19,88	16,08	77,15	80,88	32,7	2-20	6-10	45-20	38-30	Тоже.
5	— 6	99	43	5	20,50	19,76	15,86	77,4	80,30	37,5	2-20	6-10	54-40	48-30	1-я и последняя заливка через 4 часа.
6	— 0	105	42	2	20,2	19,3	15,60	77,22	80,8	32,7	2-05	6-10	52-40	46-30	Тоже
7	— 0	95	40	4	20,2	19,4	15,75	77,10	80,3	35,4	4-15	6-45	54-25	47-40	Тоже
8	—13	100	36	9	20,35	19,35	16,2	79,7	83,8	37,7	2-50	5-50	47-20	41-30	1-я заливка вслед за подъемкой, последующ. через 3 часа.
9	—13	100	36	10	20,35	19,35	15,9	78,18	82,12	33,6	2-50	5-50	55-30	49-40	1-я и последующ. заливка через 4 часа.
10	—13	100	50	19	20,55	19,90	15,8	77.0	79,4	33,6	—	7	56-20	49-20	Охлаждение и пробелка в обычных условиях.

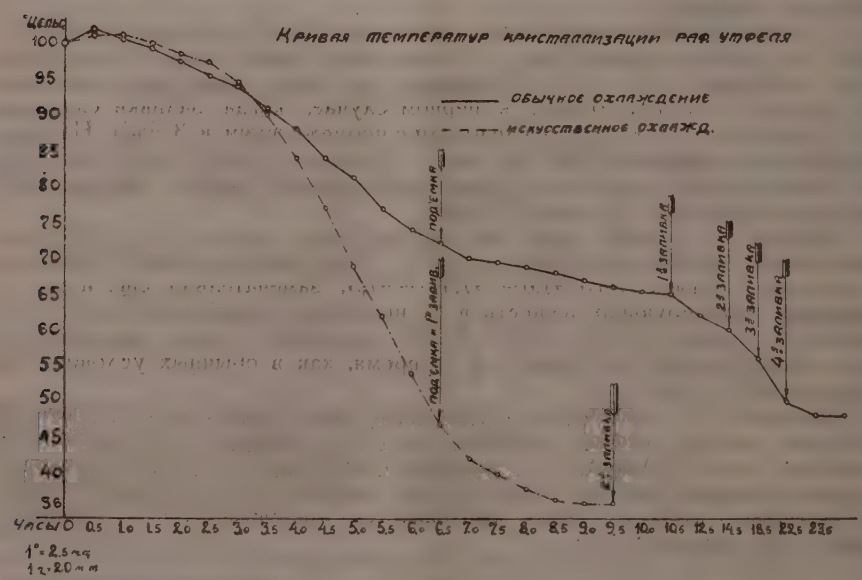


Таблица № 2.

П А Т О К И.

№№ опытов	Патоки искусственно-охлажденных утфелей.										Патоки рядовых утфелей за те же дни.									
	Зеленая патока.					Белая патока.					Зеленая патока.					Белая патока.				
	Бр.	Сх.	Дб.	Цвет.	Инв.	Бр.	Сх.	Дб.	Цвет.	Инв.	Бр.	Сх.	Дб.	Цвет.	Инв.	Бр.	Сх.	Дб.	Цвет.	Инв.
1	73,36	70,71	96,4	—	—	72,03	70,99	98,6	—	—	73,35	71,7	97,5	9,0	0,27	72,33	71,4	98,7	3,7	0,06
2	73,36	70,4	96,0	—	—	72,25	71,1	98,5	—	—	73,36	71,5	97,6	9,1	—	72,03	71,0	98,5	4,6	—
3	72,92	70,1	96,12	9,5	0,10	71,59	70,6	98,6	3,2	0,05	73,51	71,8	97,6	8,5	0,19	72,03	71,0	98,5	3,8	0,07
4	72,48	69,81	96,3	6,8	0,11	71,59	70,5	98,5	3,1	Следы	73,25	71,65	97,8	8,4	—	72,18	71,0	98,4	4,14	—
5	72,48	69,96	96,5	6,9	0,14	72,03	70,9	98,6	3,3	„	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	72,03	69,60	96,60	7,0	0,11	71,17	70,3	98,3	4,0	0,05	73,36	71,63	97,66	9,0	0,21	72,18	71,1	98,56	3,3	0,09
7	71,15	68,87	96,8	6,6	0,09	73,36	72,3	98,5	3,2	Следы	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
8	72,92	70,1	96,15	9,5	0,10	71,59	70,5	98,47	2,3	0,05	73,36	71,46	97,41	8,13	0,27	72,03	70,93	98,48	5,11	0,09
9	72,48	70,0	96,5	9,3	—	71,59	70,69	98,6	3,2	0,05	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
10											73,36	71,38	97,30	10,2	0,24	72,03	70,8	98,3	4,0	0,89

Таблица № 3.

№№ опытов	Физические свойства рафинада, искусственно-охлажденного утфеля.																Рядовые определ. за те же дни			
	Раздробление.				Раскол.				Скорость таяния				Удельный вес.				Раздробл	Раскол	Скорость таяния	Удельн. вес
	Спод.	Серед.	Нос.	Средн	Спод.	Серед.	Нос.	Средн	Спод.	Серед	Нос.	Средн	Спод.	Серед.	Нос.	Средн	фнт.	фнт.	мин. сек.	
4	900	1000	1000	967	200	200	210	203	7-36	8-30	8-44	8,17	1,233	1,245	1,248	1,242	915	172	6,58	1,231
5	900	1200	1050	1050	190	225	230	215	6-30	7-42	7-38	7,17	1,236	1,264	1,247	1,243	„	„	„	„
6	950	1100	1200	1083	190	200	200	197	6-48	7-14	7-19	7,7	1,186	1,200	1,204	1,197	908	193	6,7	1,228
7	835	950	1000	928	175	190	200	188	6-12	6-38	6-52	6,34	1,168	1,196	1,203	1,189	„	„	„	„
8	1000	1250	1200	1150	210	230	220	220	7-56	8-44	8-30	8,22	1,249	1,269	1,258	1,259	„	„	„	„
10																	943	193	6,8	1,228

Примечание: Исследование свойств рафинада опытов 1, 2, 3 и 9 не произведено.

Таблица 4. Чрезвычайно показательным является то, как долго внутри головки сохраняется высокая температура рафинадного утфеля, что даже полуторачасовое пребывание головки на воздухе с температурой 13° не дало снижения ее сравнительно с обычными условиями — 90,5 и 90,0°, и лишь дальше идет быстрое снижение при искусственном охлаждении, при чем в данном случае минимально-стабильная температура 36,5 — 36,0° установилась через 8,5 — 9,0 час., в то время, когда в обычных условиях минимально-стабильной является температура в 50,0°, полученная через 22,5 часа после спуска после 4-ой заливки клерса.

Таблица 4.

Изменение температуры при обычном и искусственном охлаждении:

№№ наблюдений	Время от спуска в часах	Обычно	Искусственно	№№ наблюдений	Время от спуска в часах	Обычно	Искусственно	№№ наблюдений	Время от спуска в часах	Обычно	Искусственно
1	0	100,0	100,0	10	4,5	84,0	77,0	19	9,0	67,0	36,5
2	0,5	102,0	101,0	11	5,0	81,5	69,0	20	9,5	66,0	36,0
3	1,0	100,5	101,0	12	5,5	77,0	62,0	21	10,0	65,5	36,0
4	1,5	99,5	100,0	13	6,0	[2])74,0	54,0	22	10,5	65,0	—
5	2,0	97,5	[1])98,5	14	6,5	[2])72,0	[3])47,0	23	12,5	62,0	—
6	2,5	95,5	97,5	15	7,0	70,0	42,0	24	14,5	60,0	—
7	3,0	94,0	94,5	16	7,5	69,5	40,0	25	18,5	56,0	—
8	3,5	90,5	90,0	17	8,0	69,0	38,0	26	22,5	50,0	—
9	4,0	88,0	84,0	18	8,5	68,0	36,5				

Кривая температур, дополняя таблицу 4, дает возможность наглядно видеть картину падения температур в одном и другом случае, дает возможность видеть во времени, где заканчивается максимальное истощение межкристаллического маточного раствора, с одной стороны, и, с другой стороны, начинается, вследствие разницы температур заливочного клерса и пробеливаемого утфеля, дополнительная кристаллизация за счет сахарозы клерса.

Настоящая работа была уже закончена, когда поступило предложение Ю. Д. Любченко провести опыты над пробеливанием голов, охлажденных до температуры значительно ниже нуля.

Нами проведено в указанном направлении два опыта, при чем охлаждение удалось довести всего лишь до температуры в одном случае 3° и во втором 5°. Пробеливание на столах заливочным клерсом никаких затруднений не вызвало, если не считать некоторого, правда, удлинения периода пробеливания сравнительно с предыдущими опытами искусственного охлаждения, но все же меньше, чем в обычных условиях.

Вследствие наступления теплых весенних дней, нам не удалось произвести замораживания голов и постановки опытов пробеливания их в более широком масштабе, но и имеющийся материал позволяет высказать уверенность в правильности постановки вопроса в указанном направлении.

Таблица 5 дает сводку цифрового материала по двум отмеченным опытам.

Вполне сознавая, что на двух опытах нельзя строить категорических выводов, мы, сравнивая результаты последних двух опытов с результатами предыдущих опытов, видим дальнейшее подтверждение правильности идеи ускоренной, путем искусственного охлаждения, кристаллизации утфеля в разливной.

Обращают на себя внимание высокий выход рафинада и исключительно низкий процент по весу срезанного утфеля зеленой и белой паток.

---

[1]) Вынесены головки на воздух.
[2]) Подняты на светлые сушки.
[3]) Даны заливки: 1, 2, 3, 4 и т. д.

Таблица 5.

№№ опыта	Температура			Вес I головы в кгр.			Выход рафинада в $^0/_{00}$ по весу утфеля		Время пробел.	Оттеки в $^0/_{00}$ по весу срезан. утфеля	
				Утфеля		Сухого рафинада					
	спуска	воздуха	охлаж-дения	залит.	срезан.		залит.	срезан.		зелен.	белый
1	100	1	3	20,20	19,70	16,50	81,68	83,76	66	16,5	19,0
2	100	1	5	19,88	19,47	16,83	84,65	86,58	64	18,0	24,9

Нельзя попутно еще и еще раз не отметить: пробеливание на столах сильно охлажденных утфелей является задачей практически разрешенной.

В заключение, на основании поставленных опытов и приведенного экспериментального цифрового материала, можно прийти к следующим выводам:

1. Кристаллизацию рафинадного утфеля в филаузе необходимо ускорить путем искусственного охлаждения его в специальных холодильных камерах при помощи холодильных машин, или же вдуванием холодного воздуха в камеру помощью Сирокко.

2. Искусственному охлаждению подвергается утфель тотчас же после рулевания, которое необходимо заканчивать в возможно короткий промежуток времени после разливки его в формы.

3. Ускоренное рулевание и искусственное охлаждение вдвое сокращают время пребывания утфеля в филаузе, тем самым увеличивает вдвое пропускную способность филауза и степень использования форм.

4. Сильное понижение температуры утфеля, против существующих норм, как следствие искусственного охлаждения, усиливая кристаллизацию, обеспечивает получение твердого и плотного рафинада, тем самым дает возможность значительно снизить и температуру спуска утфеля, сравнительно с установленными практикой нормами.

5. Ускоренная кристаллизация в филаузе позволяет вести работу в данном помещении при температуре его в 28—30°.

6. Пробеливание голов на столах можно начинать вслед за подъемкой, последующие же заливки клерса давать одну вслед за другой, как только впитается предыдущая, что увеличивает производительность станции светлых сушек в $1^1/_2$ — 2 раза, тем самым увеличивая оборачиваемость форм.

7. Пробеливание сильно охлажденных голов заливочным клерсом — раствором сахара, насыщенным при температуре 43 — 44°, вызывает дополнительную кристаллизацию за счет сахарозы заливочного клерса.

8. Процессы пробеливания на столах можно вести при температуре помещения 38 — 40°.

9. Перечисленные мероприятия дают нам следующие преимущества:

Уменьшение разложения сахарозы,
Увеличение пропускной способности завода,
Увеличение выхода рафинада по весу утфеля,
Уменьшение количества продуктовых утфелей,
Уменьшение выхода рафинадной патоки,
Уменьшение потерь сахара, вообще, и, в частности,
Уменьшение потерь сахара в продажной патоке,
Улучшение, как следствие снижения температуры в филаузе и на светлых сушках, условий труда рабочих.

10. Интересы рафинадной промышленности настоятельно диктуют необходимость оборудования в ближайшую же ремонтную кампанию на одном из заводов установки для работы по описанному способу.

Шепетовские Сахзаводы

(Получена редакцией 10 апреля 1928 г.)

О соломоловушках и камнеловушках.

Инж.-техн. Д. В. Савкевич.

Вопрос о соломоловушках и камнеловушках приобретает все более и более актуальное значение в связи с вопросом увеличения суточной производительности заводов от ведения ускоренным темпом всех производственных процессов (темп американских сахарных заводов, см. Б. № 12 (56), стр. 9 за 1927 г.), а потому устранение всех причин для достижения указанных целей является задачей первоочередной важности.

Качество стружки истекшего производства свидетельствует о том, что помимо самого тщательного ремонта резок и ножевых рам к ним, должно быть обращено сугубое внимание и на безукоризненное освобождение свеклы от соломы, ботвы, травы, песка, камней, железа и прочих посторонних примесей.

На заграничных свеклосахарных заводах этому вопросу уделено достаточно внимания и, по сообщению комиссии, командированной заграницу (см. Труды комиссии, выпуск I, стр. 86) там на свеклосахарных заводах применяют соломоловители, песколовители и камнеловители всевозможных систем, устанавливаемых в самых различных местах. Это ловушки системы Шмитца, Экка, Штольца и других.

Каждому сахаротехнику весьма хорошо известно, какими неприятными и тягостными делаются частые остановки резок, благодаря попаданию в них соломы, травы, камней, железа и прочих предметов. Особенно это дает себя чувствовать на тех заводах, где станция резок мала, недостаточна для данной суточной переработки, благодаря чему резки должны работать напряженно, а также на тех заводах, где по суточной переработке завода установлена всего только одна резка и отсутствует запасная. В таких случаях частые остановки резок вызывают уменьшение суточной переработки завода со всеми вытекающими отсюда отрицательными последствиями.

В настоящей заметке я попытаюсь дать описание двух приборов, а именно: соломоловителя и камнеловителя—приборов, на мой взгляд, крайне простых, недорогих, легко устанавливаемых и при том дающих определенные положительные результаты; необходимо рекомендовать установку таковых производить в самых широких размерах.

Соломоловушка. Обыкновенно на большинстве свеклосахарных заводов для улавливания соломы, ботвы, травы и прочих плавающих на поверхности воды предметов не применяется никаких приборов, а удаление вышеперечисленных посторонних примесей свеклы производится во время пребывания свеклы в мойке, с поверхности воды в ней, при помощи обыкновенных свекловичных вил или таких же вил, но обтянутых проволочной сеткой.

Однако, грязное, темное и сырое моечное помещение, удаленное от общего зала завода, а потому и редко посещаемое руководящим персоналом, к тому же обслуживаемое неквалифицированной и малосознательной сезонной рабочей силой не дает никаких положительных результатов по удалению указанных посторонних примесей и таковые попадают в резку, забивают ножи, ухудшают качество свекловичной стружки и вызывают остановку резки для очистки ножей.

Лишь немногие заводы применяют те или иные приборы для освобождения свеклы от легких, плавающих на поверхности воды, примесей. Число таких применяемых приборов крайне ограничено и к ним могут быть отнесены следующие:

а) Крючки из железной проволоки, устанавливаемые вдоль гидравлического транспортера и периодически очищаемые от улавливаемых плавающих на поверхности воды посторонних примесей.

б) Вращающиеся железные барабаны с поверхностью, сделанной в виде

обыкновенной терки, и устанавливаемые перед сливным отверстием мойки. Шероховатая поверхность этих барабанов при вращении их захватывает плавающие в мойке на поверхности воды предметы, которые снимаются соответствующими упорами, подведенными к поверхности барабана.

Однако, благодаря тому, что поверхность воды в мойках, в особенности в мойках системы Пустынского, не остается достаточно спокойной от действия вращающихся кулаков, плавающие посторонние примеси не сплавляются с отходящей водой из мойки, а потому и не могут быть уловлены такими вращающимися барабанами.

Поэтому, хорошие практические результаты дает устройство соломоловителя, устанавливаемого на спускном желобе для свеклы от элеватора к резкам, где и производится удаление соломы, ботвы, травы и прочих примесей.

Устройство такого соломоловителя указано на рисунке 1.

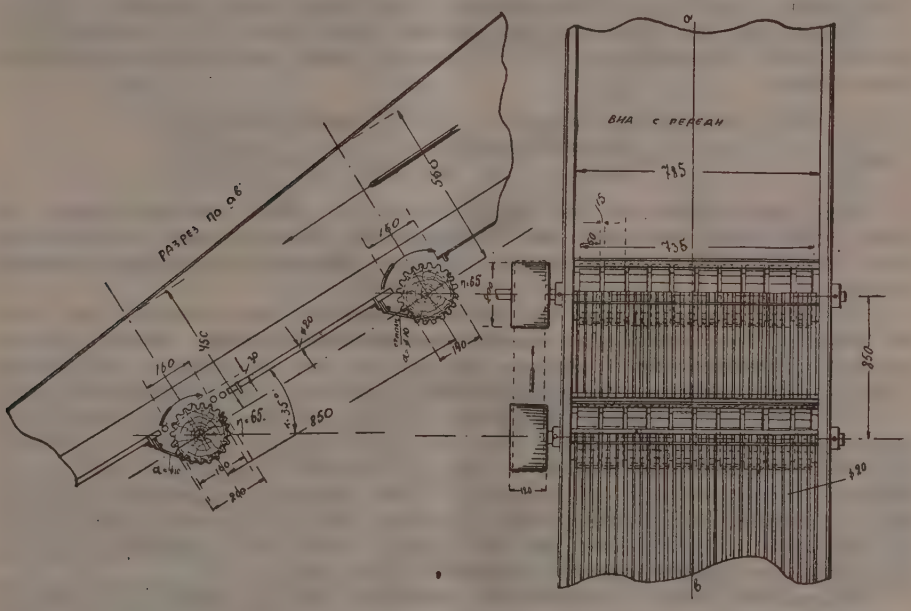


Рис. 1. Установка соломоловителя перед резкой.

Как видно из рисунка, вдоль спускного желоба для свеклы устанавливается два деревянных барабана с поверхностью сплошь усеянной выступами-зубцами, расположенными в правильные ряды, как по окружности, так и по длине барабана. Вся эта поверхность барабанов оковывается жестью. Эти барабаны вращаются в противоположную сторону движения свеклы по желобу, как это указано на рисунке стрелкой, и делают в минуту 65 оборотов. Над поверхностью дна желоба, по которому движется свекла в резку, эти барабаны выступают на 30 мм. Снизу к поверхности барабанов в углубления между выступами подводятся проволочные упоры *а*, в расстоянии друг от друга на 60 мм., изогнутые в виде крючка, которые и производят освобождение поверхности барабанов от улавливаемых предметов.

Свекла, падая из карманов свекловичного элеватора на желоб, подводящий ее к резкам, ударяется о него, благодаря чему приставшая к свекле солома, ботва, трава и прочие примеси отделяются от нее и, попадая к этим вращающимся барабанам, захватываются ими и отводятся прочь.

Такого рода устройства соломоловитель прекрасно работает и за смену

отбирает 8—10 ведер отбросов и примесей. Случайно произведенные два взвешивания количества получаемых за смену отбросов дали в первом случае вес их в 63,4 кгр., а во втором случае в 78,5 кгр.

Все это говорит за то, что работу такого рода соломоловителя необходимо признать вполне удовлетворительной, тем более, что работает он автоматически, не требует за собою никакого постоянного надзора и ухода, а потребляемая им энергия настолько мала, что о ней вообще и не приходится говорить.

Камнеловушка. Инж.-техн. В. К. Васильевым в Зик. (1926 г., том III, стр. 96) подробно описано устройство ловушки для камней, устанавливаемой на гидравлическом транспортере и действующей по принципу свекловичной мойки системы Ю. Раудэ, а также приведены и результаты работы этой ловушки. Однако, не везде и не на всяком заводе имеются налицо условия, благоприятствующие установке или такого рода ловушки на гидравлическом транспортере или устройству комбинированной свекломойки системы Раудэ-Пустынского или Раудэ-Добровольского (отсутствие места, средств и пр.).

Между тем, по статистическим данным „Ежегодника по Сахарной Промышленности" Толпыгина за 1913—14 год на наших свеклосахарных заводах установлено:

1. Моек системы Пустынского на 126 заводах = 69%.
2. „ „ Добровольского на 34 „ = 18%.
3. „ „ Раудэ на 24 „ = 13%.

Как свидетельствуют эти данные, почти 70% всех свеклосахарных заводов оборудованы мойками сист. Пустынского, то-есть именно той системой моек, которые хорошо моют свеклу, но плохо отделяют посторонние примеси от нее.

Недостаток этот у моек системы Пустынского заключается в том, что, как известно, эти мойки в последней четверти своего днища имеют, так называемую, камнеловушку, которая получается от небольшого углубления в днище самой мойки с приклепанной непосредственно к нему крышкой-лазом.

Надежды на то, что это углубление—камнеловушка—должно служить для улавливания камней, ни в какой мере не могут оправдаться, так как свекла по своему удельному весу тонет в воде и, попавши в мойку, старается заполнить эти углубления. Заполнивши, таким образом, указанную камнеловушку сейчас же после пуска мойки в работу, свекла остается в ней лежать до очередной очистки мойки, ибо отсутствуют какие-либо причины и усилия для удаления из камнеловушки попавшей в нее свеклы.

Вследствие этого и происходит попадание камней вместе со свеклой в шнек и далее—на элеватор и резку.

Грязная и мокрая работа около мойки с расположенной внизу, в днище, камнеловушкой, неудобной для открывания и закрывания ее, не позволяет очищать эту камнеловушку на ходу, во время работы самой мойки, и результатом всего этого является то, что обычно эта камнеловушка так и не чистится в продолжение всей смены.

Учитывая все эти обстоятельства, некоторые машиностроительные заводы пытались улучшить работу этих камнеловушек. К числу таких попыток принадлежит улучшение этих камнеловушек, произведенное механическим заводом Борман-Шведе и К°, которое изображено на рис. 2.

Как видно из рисунка, размеры самой камнеловушки несколько увеличены и для удобства очистки ловушки на ходу, во время работы самой мойки, приделана открывающаяся и закрывающаяся крышка, работающая при помощи червячного зацепления, на длинной оси с маховичком.

Таким образом, в этой конструкции ловушки улучшение коснулось лишь способа обслуживания ловушки, но не улучшения способа улавливания камней. Свекла попрежнему будет заполнять всю ловушку сейчас же после пуска мойки

в работу и только случайные камни, в момент заполнения ловушки свеклой, могут быть уловлены ею.

Правда, очистка такой ловушки от содержимого ее может быть производима достаточно часто, но отсутствие вверху ловушки шибера для преграждения выпадания свеклы из мойки во время чистки ловушки вряд-ли делает обслуживание такой ловушки достаточно удобным и сносным. При открывании крышки такого рода ловушки вместе со свеклой будет с силой устремляться и вода, благодаря чему из мойки выпадет изрядное количество свеклы, которую необходимо обратно переносить в мойку. При закрывании же крышки возможны случаи попадания корней свеклы под крышку, благодаря чему возникнут затруднения в самом закрытии такой ловушки.

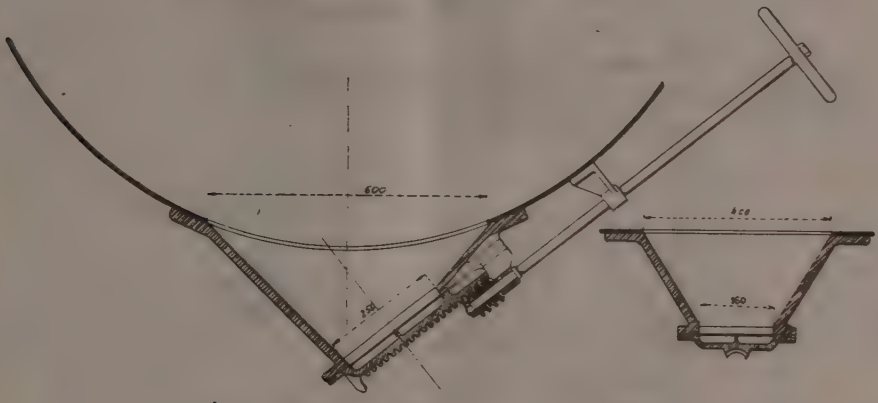


Рис. 2. Шибер при камнеловушке от свекломойки.

Все указанные выше недостатки устранены в ловушке, изображенной на рис. 3, установленной по мысли технического персонала Шевченковского сахарного завода под свекломойкой сист. Пустынского.

Как видно из рисунка, ловушка эта имеет верхний шибер *a*, который открывается и закрывается при помощи штанги из круглого железа *b* с маховичком *c*. На этой штанге наглухо закреплен шибер и, чтобы последний полностью не мог выдвинуться, на конце его приклепывается упор из углового железа. Штанга ходит в двойном сальнике *d*, а потому отсутствует всякая возможность протекать воде и тем делать всю работу по обслуживанию ловушки неприятной.

С целью воспрепятствовать попаданию свеклы в ловушку, в последнюю подведена труба *k* для чистой воды. Отверстие этой трубы разбивается на конус, чтобы создать движение воды вверх ловушки по всему объему ее. Образованная, таким образом, сильная струя воды под давлением заставляет свеклу подниматься вверх, а более тяжелые предметы собираться в ловушке, которую время от времени (напр. через каждые $^1/_2$ часа) необходимо очищать от содержимого.

Крышка ловушки уплотняется резиновым кольцом *ρ*, заложенным в углубление чугунного основания крышки, а для большего нажатия на уплотняющее резиновое кольцо вместо груза на рычаге может быть приделан упор *м*, который в момент открытия ловушки отводится в сторону, как это указано на рисунке пунктиром. Шибер во время работы ловушки открыт, а во время чистки ловушки для воспрепятствования выпадению свеклы из мойки — закрыт.

Во время прошедшего производства подобная ловушка работала все время и позволяла по несколько смен не производить коренной очистки самой мойки, на что обычно затрачивается времени до 20—25 минут.

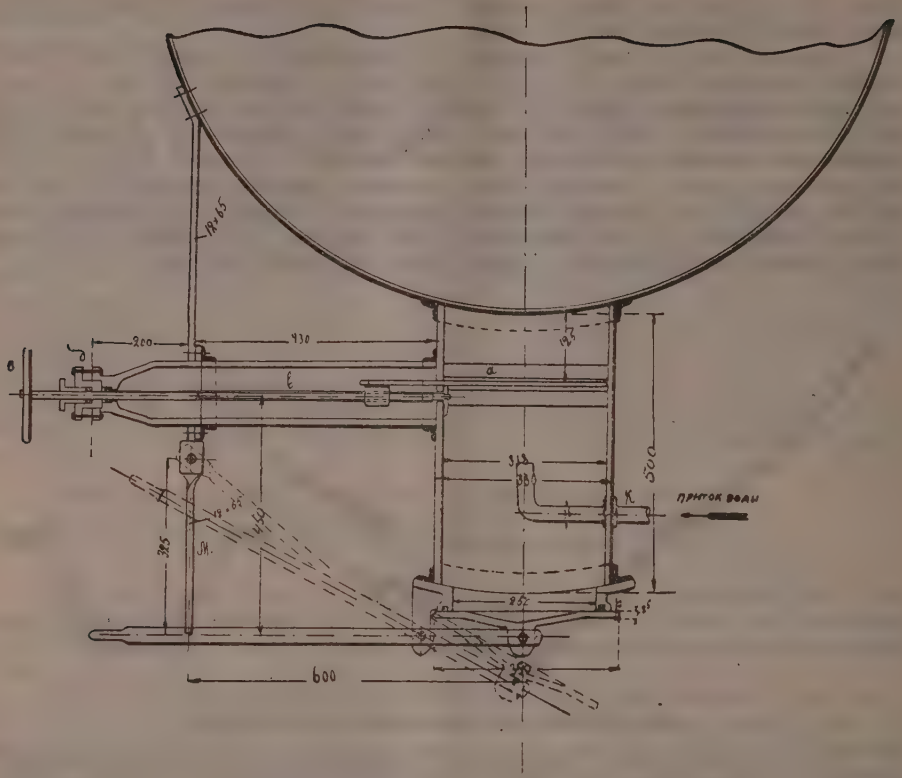


Рис. 3. Ловушка камней при свекломойке.

В конце производства были произведены наблюдения над работой этой ловушки, которые велись студентом IV курса К. П. И., Н. Чухриенко. Результаты этих наблюдений сведены в нижеследующую таблицу:

Камни, подковы, железо, проволока и пр., предметы, собранные ловушкой. *Таблица 1.*

Число и мес.	Количество	Вес кгр.	Число и мес.	Количество	Вес кгр.
30/XI	32	2,000	10/XII	59	2,800
1/XII	28	1,500	11/XII	60	2,900
2/XII	128	3,430	12/XII	59	7,500
3/XII	50	1,550	14/XII	125	3,050
4/XII	60	3,100	15/XII	80	3,530
5/XII	60	1,380	16/XII	127	4,750
6/XII	14	0,750	17/XII	83	2,250
7/XII	67	3,456	18/XII	83	2,600
8/XII	39	3,800	19/XII	56	1,900
9/XII	60	3,250			

Полученные результаты говорят сами за себя и в особых комментариях, надо полагать, не нуждаются. Здесь же еще раз необходимо подчеркнуть, что работу такого рода ловушки необходимо признать весьма удовлетворительной, если очистка ее будет производиться регулярно и добросовестно,

что является непременным условием для достижения намеченной цели—освобождения свеклы от посторонних примесей.

В заключение считаю своим долгом принести благодарность студенту Н. Чухриенко, взявшему на себя труд по учету и наблюдению за работой указанной камнеловушки, и стажеру И. Ф. Ямковому, исполнившему чертежи.

(Получена редакцией 26 марта 1928 г.)

Хроника.

На 108-ом публичном заседании Украинского Научно-Исследовательского Института Сахарной Промышленности инж. И. О. Смоленский сделал доклад на тему: „О новых путях рационализации сахарной промышленности". Докладчик остановился на двух принципиально различных методах рационализации работы сахарной промышленности: 1) работа сахарных заводов на сушеной свекле (способ де-Веккиса) и 2) концентрация сахарных заводов путем перевода большинства недействующих или небольших и технически слабо оборудованных заводов на работу по принципу рапри. Рассматривая и анализируя еще недостаточно изученную работу заводов по методу де-Веккиса, инж. И. О. Смоленский указывает на ряд обстоятельств (медленное течение процесса диффузии, новый технологический довольно непроработанный и неизученный процесс сушки свеклы, необследованное отношение сухой стружки к продолжительному хранению ее и транспортировке, нет данных о расходе топлива при этом способе и т. д.) и высказывается в том смысле, что не по этому пути, очевидно, должна пойти рационализация сахарной промышленности СССР.

Что касается второго пути — объединения заводов по системе рапри, то докладчик, на основании опыта западно-европейской сахарной промышленности особенно на последних опытах и достижениях немецких сахарных заводов (Salzmünde u Langebogen), а также анализируя условия развития и техническое состояние наших сахарных заводов, приходит к выводу, что система рапри должна быть включена в ряд одних из самых правильных способов рационализации сахарной промышленности Союза. Доклад вызвал оживленный обмен мнений. После всестороннего обсуждения доклада собрание вынесло постановление, в котором говорится о необходимости привлечь к обсуждению проблемы, затронутой докладчиком, широкие массы наших сахаротехников, использовав для этого страницы Научных Записок.

109-ое публичное заседание Укр. Н.-И. И. С. П. было посвящено докладу проф. И. Б. Минца о качестве минерального топлива, каким пользовались сахарные заводы Союза в прошлое производство. В своем докладе проф. И. Б. Минц, приводя ряд цифр, указал, что топливное хозяйство Сахаротреста построено на минеральном топливе. В кампанию 1927—28 г. из всего сожженного сахарными заводами топлива на долю антрацита приходится 58,1%, на долю каменного угля—30%. Докладчик привел следующие числа, характеризующие рост расхода минерального топлива относительно всего сожженного заводами топлива по годам, начиная с 1922—23 операционного года.

Годы:	1922/23	1923/24	1924/25	1925/26	1926/27	1927/28.
Сожжено минтоплива: .	39,7%	34,7%	66,6%	83,1%	86,4%	88,1%.

Тенденцию роста имеют числа процентов участия торфа в общем топливном балансе треста. За те-же годы эти числа таковы: 2,3%—4,6%—7,3%—7,8%—8%—8%. Последние две цифры говорят о наступившей стабильности величины расхода торфа сахарными заводами. В виде опыта в текущем году Тульскому заводу было предложено перейти на бурый уголь. Калькуляционные данные названного завода говорят, что этот вид топлива пересчитанный на единицу сырья стоит дороже, чем Донецкое мин. топливо. Удельный расход топлива сахарными заводами доведен до величины с одной стороны, характеризующей значительные экономические достижения на этом участке заводского хозяйства, а с другой стороны свидетельствующей, что темп уменьшения этого расхода за последние 2—3 года значительно замедлился. Очевидно, говорит докладчик, при наличии существующего в настоящее время на сах. заводах оборудования котельных и потребляющих пар машин и аппаратов дальше едва ли удастся еще сократить эту величину расхода. Попутно проф. И. Б. Минц сравнивает методы определения расхода топлива сахарным заводом в довоенное время и теперь. Цифра 8,33% топлива по весу свеклы тех времен—проблематична и безусловно ниже действительной величины.

Что касается качества расходуемого заводами топлива, то, по данным анализа центральной лаборатории Сахаротреста, оно заметно из года в год ухудшалось. Благодаря предпринятым Правлением Сахаротреста ходатайствам перед В.С.Н.Х. качество минерального топлива, предоставленного сахарным заводам в этом году, заметно улучшилось, по сравнению с прошлым годом. Многочисленными данными докладчик иллюстрирует аналитический состав этого минерального топлива и процентное участие различных марок в топливе, израсходованном как по всему тресту, так и каждым из его отделений. Анализируя эти числа, проф. И. Б. Минц указывает, что топливная политика отделений идет по двум направлениям. Так, Харьковское отд. форсирует у себя применение штыбистого топлива, в то-же время Подольское отд. стремится избавиться от этого топлива и форсирует у себя тощие угли. С экономической точки зрения вопрос, какие виды топлива и в каком сочетании их наиболее экономичны для сахарных заводов, еще недостаточно выяснен.

На основании изучения топливного вопроса, докладчик считает необходимым ввести в это хозяйство следующие коррективы:

1) Отделения Сахаротреста должны выработать для себя определенную топливную политику.

2) Все отделения Сахаротреста должны согласовывать топливный вопрос с желаниями и возможностями каждого сах. завода и, наоборот, последние обязаны разрешать проблему своего топливного хозяйства на фоне общей топливной политики по своему отделению.

3) По возможности унифицировать марки топлив, какими пользуются сахарные заводы; это даст возможность более упорядочить работу котельных.

4) Необходимо всегда погружать в одно время лишь один сорт топлива в адрес какого-либо завода. Это уменьшит путаницу и смешивание в одну кучу различных сортов топлива.

5) Необходимо всегда следить, чтобы на складах топлива был порядок и каждая куча топлива имела-бы свою табличку—его паспорт.

6) При перегрузках топлива надо заботиться, чтобы не были перепутаны его марки

Во время обмена мыслей по докладу высказывавшиеся участники заседания указывали (И. О. Смоленский), что в довоенное время наши заводы расходовали топлива порой меньше, чем западно-европейские сахарные заводы. Теперь же последние дошли до 5, даже до 4,9% расхода топлива по весу свеклы. Нашим сахарным заводам необходимо скорее взяться за переоборудование своих котельных. Проф. И. А. Кухаренко, подчеркивая большое значение массового изучения топлив сахарных заводов, указывает на необходимость более детально и экономически глубже изучить топливную политику каждого отделения Сахаротреста, а также на крайнюю желательность и необходимость изучения в таком же большом масштабе и других вспомогательных материалов, применяющихся на сахарных заводах.

110-ое публичное заседание Укр. Н.-И. И. С. П., состоялось в субботу 19 мая.

Существующая при Укр. Н.-И. И. С. П. экспертная комиссия по очистке сточных вод сахарных заводов вступила на путь изучения и реального анализа этого вопроса в условиях советского законодательства и современного положения сахарных заводов. Председатель названной комиссии, проф. И. Е. Душский, на 110-м публичном научном заседании Института сделал доклад о современных методах очистки сточных вод различных предприятий и, главным образом, сахарных заводов. Основные мысли по данному вопросу и характеристика систем различных установок вкратце могут быть сведены к следующему. Существующее положение со сточными водами на сахарных заводах обстоит не везде удовлетворительно. Объясняется это отчасти отсутствием соответствующей площади или ненадлежащим составом ее для устройства полей орошения, отчасти же вследствие неблагоприятных топографических и гидрологических условий местности.

В резолюции по докладу собрание отмечает, что:

1. Применение тех или иных методов очистки сточных вод сахарных заводов должно находиться в полном соответствии с местными почвенными и гидрологическими условиями, с характером и режимом водоемов и водных протоков, куда эти воды поступают после очистки.

2. Наиболее рациональным способом очистки сточных вод сахарных заводов следует признать естественную биологическую очистку на полях орошения при соответствующей почве и подпочве. В случае невозможности направлять все сточные воды на поля орошения, эти воды следует разделять по степени их загрязнения, причем жомовые, диффузионные, лаверные, от мойки салфеток и лабораторные должны обязательно направляться на поля орошения, транспортерные и моечные воды возможно допустить к спуску в водоемы и после их предварительной очистки и при условии однократности их использования. При многократном применении транспортерно-моечных вод и лишь частичном их пополнении свежей водой, эта категория сточных вод должна быть присоединяема к категории наиболее загрязненных вод и направляться вместе с ними на поля орошения. Барометрические воды возможно спускать в водоемы после их предварительного охлаждения.

3. Собрание также полагает, что искусственная биологическая очистка также может быть применяема для обезвреживания сточных вод сахарных заводов и что все методы биологической очистки, включая и новейшие методы аэрации с активным илом, должны быть испытаны в условиях лабораторных исследований и опытных заводских установок на сахарных заводах.

4. В целях урегулирования вопроса об очистке сточных вод сахарных заводов Экспертная Комиссия по сточным водам при Укр.Н.-И.И.С.П. должна включить в свою программу такие задачи:

а) Выяснение применяемых ныне на действующих заводах способов очистки сточных вод.

б) Научное и практическое изучение современных способов очистки сточных вод вообще и сахарных заводов в частности.

в) Выработку типовых проектов приспособлений для очистки сточных вод.

г) Рассмотрение проектируемых сахарными заводами приспособлений для очистки сточных вод, консультации путем осмотра на месте и дачу заключений по этим проектам и

д) Рассмотрение поступающих от административных органов заявлений по вопросу об обезвреживании сточных вод и составление заключений на основании осмотра на месте и анализ отбираемых для исследования вод.

5. Экспертной Комиссии при Укр.Н.-И.И.С.П. необходимо согласовать свою работу с Правительственными санитарно-техническими организациями и Комитетами, ведающими вопросами об охране общественных водоемов от их загрязнения сточными водами, как промышленных предприятий, так и населенных мест.

SCHEIBLER, DRELING & C°, G. m. b. H.

MASCHINENFABRIK FÜR DIE ZUCKERINDUSTRIE
in AACHEN.

ШЕЙБЛЕР, ДРЕЛИНГ и К° в Аахене

МАШИНОСТРОЕНИЕ ДЛЯ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

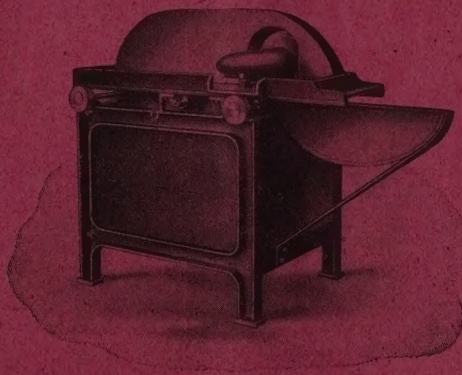
СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: ОБОРУДОВАНИЕ И ПЕРЕУСТРОЙСТВО
КОЛОЧНЫХ И РАСПИЛОВОЧНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ
РАФИНАДНЫХ ЗАВОДОВ

ЗАМЕНА РУЧНОЙ КОЛКИ

МЕХАНИЗАЦИЯ И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ КОЛКИ И УПАКОВКИ
РАФИНАДА В ЯЩИКИ И ПАЧКИ

АВТОМАТИЧЕСКАЯ РАБОТА!

МЕШОЧНЫЕ ФИЛЬТРЫ **ШЕЙБЛЕРА** ДЛЯ НИЗКОГО И СРЕДНЕГО
ДАВЛЕНИЯ С ПОЛНОЙ УТИЛИЗАЦИЕЙ ВСЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
ФИЛЬТРАЦИИ



Станок для распиловки голов с механическим передвижением салазок

Все справки, запросы и пр. (и на русском языке) просим направлять
ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО по адресу:

ОБЪЕДИНЕНИЕ ГЕРМАНСК. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ ДЛЯ СНАБЖЕНИЯ САХАРН. ПРОМЫШЛЕННОСТИ и связанных с ней отраслей

VERKAUFS-GEMEINSCHAFT DEUTSCHER MASCHINENFABRIKEN zur Belieferung der Zuckerindustrie und verwandter Gebiete

BERLIN, N. W. 7, Universitätstr. 3b
Для телеграмм: **Zuckertechnik BERLIN**

ОБЪЯВЛЕНИЕ

Исключительно для библиотек сахарных заводов и учреждений по сахарной промышленности имеется очень ОГРАНИЧЕННОЕ ЧИСЛО авторских комплектов ниже поименованных, на книжном рынке и в частной продаже ВОВСЕ НЕ ИМЕЮЩИХСЯ, работ В. М. ЛАНДО:

1) Из отчета по командировке в Германию для изучения свеклосахарной промышленности (1914).
2) Интересы русского сахарного экспорта и международный сахарный союз (1914).
3) Крестьянские плантации в свекловичном хозяйстве Украины (1920).
4) Свеклосахарная промышленность Украины и аграрный вопрос (1920).
5) Экономика сахарной промышленности, как предмет изучения (1921).
6) Мировая сахарная промышленность в довоенное время и теперь (1922).
7) Стан цукрової промисловости та шляхи її відродження (1922).
8) Современное положение сахарной промышленности Германии (1923).
9) Об опытах определения емкости сахарного рынка (1924).
10) Критико-экономический анализ перспективного плана развития сахарной промышленности (1926).
11) О задачах Института Сахарной Промышленности и месте его организации (1926).
12) Die wirtschaftsgeographischen Verhältnisse der Rübenzuckerindustrie in den Vereinigten Staaten von Amerika (1928)
13) Über die ökonomischen Eigenarten der Rübenzuckerindustrie in den Vereinigten Staaten von Amerika (1928).
14) Эпоха возникновения и первоначального развития свеклосахарной промышленности Европы в свете прежних и новейших источников (1928). Заканчивается печатанием.
15) Кооперативні цукроварні в країнах З. Европи. (Печатается).

Цена каждого комплекта, включая расходы по пересылке,—15 рублей.

С требованиями обращаться по адресу: КИЕВ, Театральная площадь 48, кв. 10, проф. В. М. ЛАНДО.

НАИВЫСШИЙ ЭФФЕКТ ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ ДОСТИГАЕТСЯ ПРИМЕНЕНИЕМ

КАРБОРАФИНА

Дешевизна установки
Экономия места
Опрятная работа

Karbo-Union

Frankfurt a. M. — ГЕРМАНИЯ — Gervinushaus

При заказах просьба ссылаться на „НАУЧНЫЕ ЗАПИСКИ".

Київськ. Окрліт Ч. 571 Друк. КПІ З. 1783—1000.